MAX

3 A

NOVA

VMBO-K

Nask 1

Natuurkunde

BEOORDELINGS-EXEMPLAAR



NAAM EN KLAS:

MALMBERG



Beste docent,

Hartelijk dank voor je interesse in de vernieuwde *Nova nask1* voor leerjaar 3 vmbo-kader. In dit deel A maak je kennis met deze geactualiseerde editie. *Nova nask1* bevat veel nieuwe elementen, zoals voorkennistoetsen, opdrachten die zijn gekoppeld aan leerdoelen en een taxonomie, en duidelijke verwijzingen naar BINAS. Vanzelfsprekend kun je weer rekenen op een heldere structuur en op uitdaging op ieder niveau. Vanaf schooljaar 2021-2022 kun je met deze nieuwe editie gaan werken.

Boek en online, een ideale combi
Nova nask1 bestaat uit twee leeropdrachtenboeken per leerjaar waarin de lesstof en opdrachten bij elkaar staan. Daarnaast is er een online leeromgeving. Een boek helpt leerlingen bij het verkrijgen van overzicht. De online omgeving geeft feedback bij de opdrachten, laat leerlingen extra oefenen en geeft inzicht in het leerproces. Beide onderdelen van de methode versterken elkaar.

Persoonlijk (online) advies of zelf ervaren?
Wij komen graag (online) naar je toe om een presentatie of persoonlijk advies te geven. Je kunt ook een klassenset aanvragen om samen met je leerlingen een aantal lessen uit te proberen. Wij wensen je veel lees- en kijkplezier met dit beoordelingsexemplaar!

Met vriendelijke groet,

Marjolein van der Moer
methodespecialist bètavakken (regio Zuid-Nederland)
E marjolein.van.der.moer@malmberg.nl
T 06 – 53 54 93 65



Kyra Hoekstra
methodespecialist bètavakken (regio Noord-Nederland)
E kyra.hoekstra@malmberg.nl
T 06 – 83 80 39 56



Dit is Nova nask 1 vmbo bovenbouw

Nova heeft al veel leerlingen wegwijs gemaakt in de natuurkunde. Elke leerling vindt uitdaging op zijn of haar eigen niveau. Nieuwe onderwerpen als energietransitie maken de nieuwste Nova een eigentijdse methode die past bij de huidige tijdsgeest en maatschappelijke ontwikkelingen. Met aansprekende contexten groeit niet alleen hun natuurkunde kennis, ze ontwikkelen zo ook een breder wereldbeeld. *Nova* geeft leerlingen het vertrouwen om uitstekend toe te werken naar het examen en vervolgonderwijs.

Uitdaging op eigen niveau

Nova nask1 is er voor vmbo-basis-, kader- en gt-leerlingen, elk met een eigen boek toegespitst op hun niveau. Elk hoofdstuk start met een voorkennis-toets om de voorkennis van de leerlingen te activeren. Zo weet jij waar je eerst aandacht op moet leggen bij de start van het hoofdstuk. De ster opgaven in elk hoofdstuk vragen net even wat meer van de leerling. En elke paragraaf heeft het onderdeel EXTRA met theorie en opgaven. Je daagt leerlingen dus altijd uit op hun eigen niveau en tempo.

De meest gestructureerde methode voor nask1 volgens docenten

Het is altijd duidelijk wat leerlingen moeten leren. De heldere teksten versterken de structuur en dat maakt het voor leerlingen nog makkelijker om de stof te leren. Daarnaast is het fijn werken vanwege de uniformiteit in opdrachten qua opbouw en vraagstelling. En wat denk je van de duidelijke scheiding en zichtbaarheid van CE- en SE-stof? Het is dan ook niet verwonderlijk dat meer dan 50% van de leerlingen werkt met *Nova nask1*. En dat worden er ieder jaar meer!

Opdrachten gekoppeld aan leerdoel en taxonomie

Leerdoelen per paragraaf

Aan het begin van elke paragraaf staan de leerdoelen vermeld. Zo weten de leerlingen wat ze precies gaan leren en wat ze aan het einde moeten kennen en kunnen. De opdrachten die horen bij de lesstof zijn ingedeeld naar leerstof (onthouden en begrijpen) en toepassing (toepassen en analyseren).

Taxonomie

Alle opdrachten zijn ingedeeld volgens de taxonomie van Bloom: Onthouden, Begrijpen, Toepassen, Analyseren. Per paragraaf is er een overzicht opgenomen van alle opdrachten en de bijbehorende taxonomie.

Wat is nieuw?

Theorie en opdrachten in twee leerwerkboeken

Elk schooljaar ontvangen leerlingen nieuwe boeken. Ze mogen de delen A en B houden en kunnen er in schrijven. Zo wordt het boek een persoonlijk hulpmiddel om actief mee te leren. Extra handig voor in het examenjaar.

Nieuwe indeling leerstof

Een veelgehoorde wens is om de overlap tussen leerjaar 3 en 4 te verwijderen. Is dat ook jouw wens? Dan hebben we goed nieuws. Op aangeven van docenten is de volgorde van de hoofdstukken aangepast.

De inhoud is geactualiseerd

Er is bijvoorbeeld meer nadruk op duurzaamheid en aandacht voor energietransitie.

Activeren voorkennis: Wat weet je al over...?

In de introductieparagraaf van elk hoofdstuk in het boek wordt de voorkennis vastgesteld aan de hand van leerdoelen en voorkennisopdrachten.

Voorbereiding op de toets - Afsluiting

Leerlingen vinden aan het einde van elk hoofdstuk een leerstofoverzicht met per theorieparagraaf de belangrijkste Onthoud-items en de begrippen met definitie.

Practica in het boek

In het boek staan practica die op die plek uitgewerkt kunnen worden. Ook zijn er enkele online practica.

Test jezelf alleen nog online

De vragen zijn gekoppeld aan de nieuwe leerdoelen en herschreven voor een juiste koppeling met de leerdoelen.

Feedback bij online opdrachten

Waar mogelijk is bij de online opdrachten specifieke feedback toegevoegd. Maakt een leerling de opdracht fout, dan leert hij ook waarom het gegeven antwoord niet juist is. Dit is een belangrijk extra leermoment.

Eindtoetsen herzien

De eindtoetsen zijn herzien en gekoppeld aan de leerdoelen met een doordachte verdeling over de verschillende taxonomieniveaus (Onthouden, Begrijpen, Toepassen, Analyseren). Er is een A- en een B-versie van de eindtoetsen. Een zogenaamde C-versie (diagnostische toets) is opgenomen in de online leeromgeving van de leerlingen zodat zij zich goed kunnen voorbereiden op de eindtoets.

Kijk voor meer informatie over Nova nask1 op www.malmberg.nl.



betaalbaar en altijd up-to-date

Kenmerken van de nieuwste Malmberg methodes zijn de mix van boek en online, altijd up-to-date lesmateriaal en boeken die de leerlingen mogen houden. Dit biedt voordelen voor jou en je leerlingen.

Altijd boek en online

Leerlingen hebben een eigen boek en krijgen altijd toegang tot de online leeromgeving. Boek en online versterken elkaar. Je kiest zelf hoe je de mix van boek en online inzet, ook als je geen computers in de klas hebt. Leerlingen hebben toegang tot alle leerjaren en niveaus.

Up-to-date lesmateriaal

Op basis van opmerkingen en suggesties van docenten en inzichten uit learning analytics verbeteren we continu de kwaliteit van het lesmateriaal. Ook actualiseren we het materiaal. Hierdoor werk je nooit meer met een verouderde lesmethode. We houden je zo goed mogelijk op de hoogte van de belangrijkste wijzigingen.

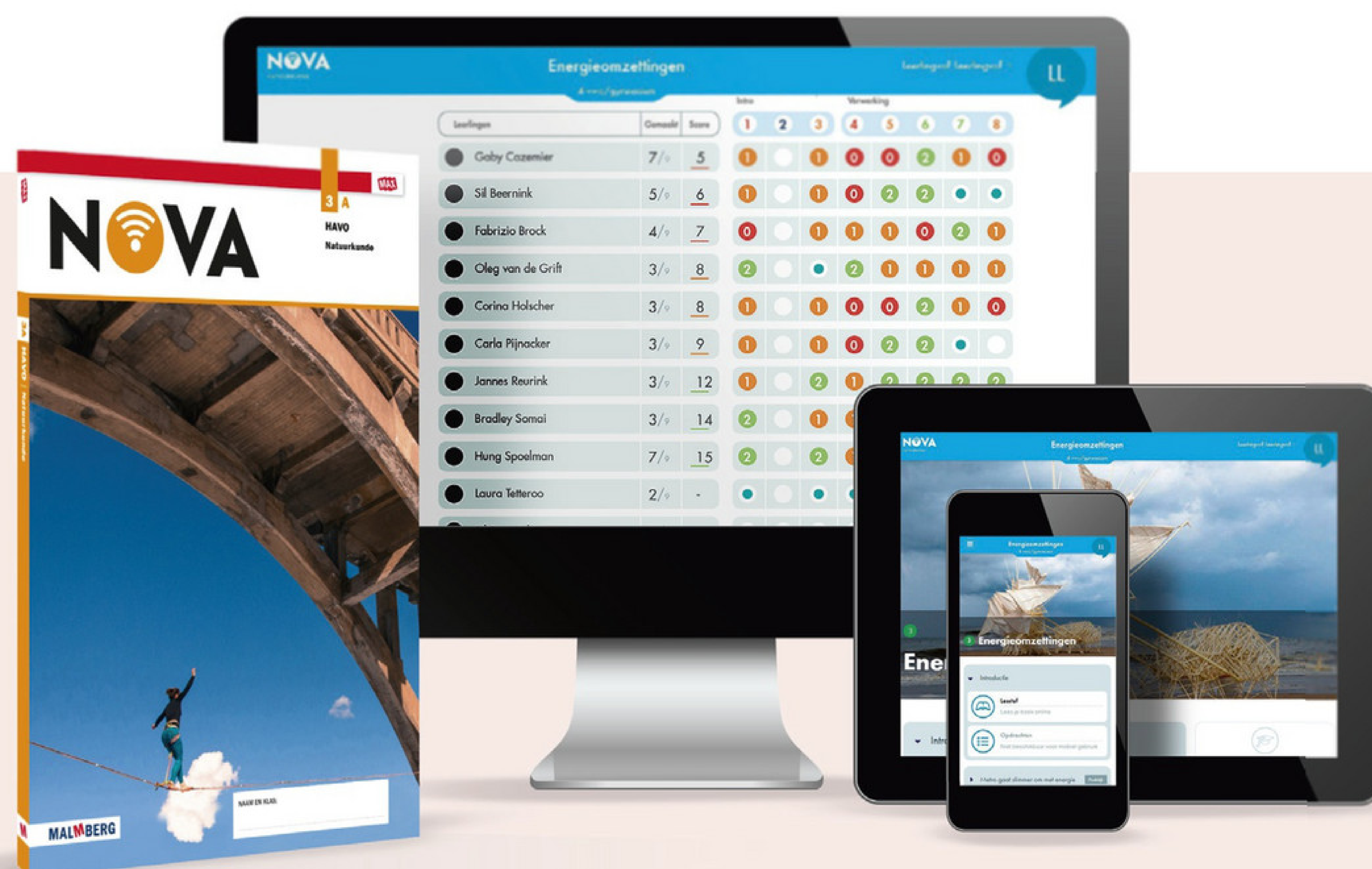
Leerlingen mogen de boeken houden

Elk schooljaar ontvangen leerlingen nieuwe boeken die ze mogen houden. Ze kunnen erin schrijven en aantekeningen maken. Zo wordt het boek een persoonlijk hulpmiddel om actief mee te leren. Doordat de leerlingen het boek mogen houden, kunnen ze ook gemakkelijk teruggrijpen op lesmateriaal uit voorgaande jaren.

Betaalbaar

Voor deze methode betaal je één prijs per leerling per jaar. Je kunt kiezen uit pakketten die variëren in samenstelling, contractduur en prijs. Er is voor elk leermiddelenbudget een passende oplossing. Bespreek de mogelijkheden met je accountmanager of je methodespecialist.

Bekijk de online leeromgeving in je proeflicentie



Meer inzicht in resultaten via het docentendashboard. Je ziet in een oogopslag hoe jouw klas ervoor staat en kunt leerlingen op maat begeleiden.

Met de Flitskaarten kunnen leerlingen begrippen trainen. Met de Vaardigheids-trainer kunnen ze bijvoorbeeld rekenvaardigheden inslijpen.

Met de directe feedback krijgen leerlingen een extra leermoment en leren ze hoe ze de volgende keer het juiste antwoord kunnen geven.

Met de Test jezelf leert elke leerling op het juiste niveau. Als een leerling meer oefening nodig heeft, dan reikt het systeem die aan.

In de online leeromgeving worden gesloten vragen automatisch nagekeken.



3 VMBO-K deel A

Nask 1

Auteurs
S. Michon
F. Kappers
C. Schatorjé

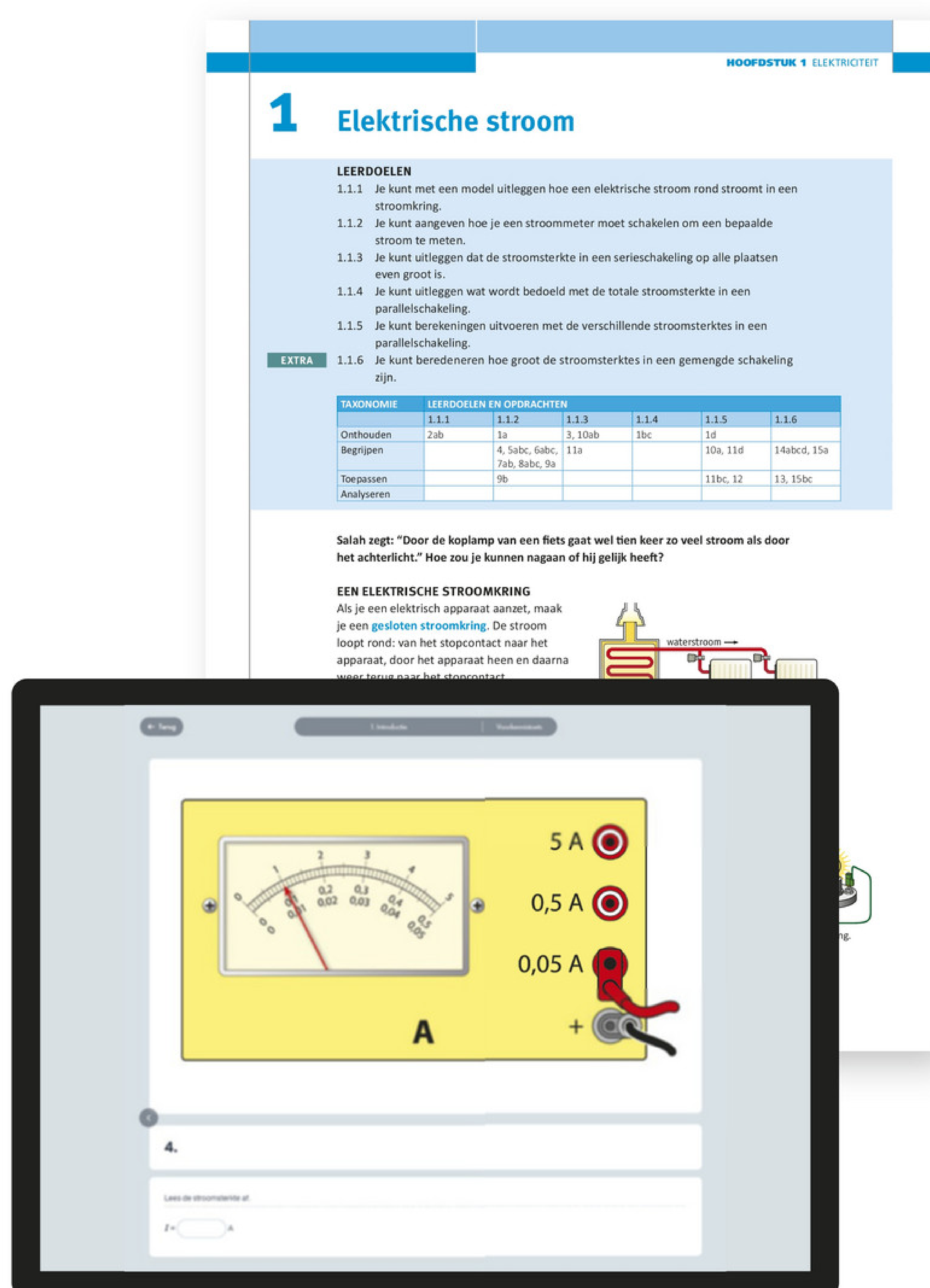
MAX Release 2021

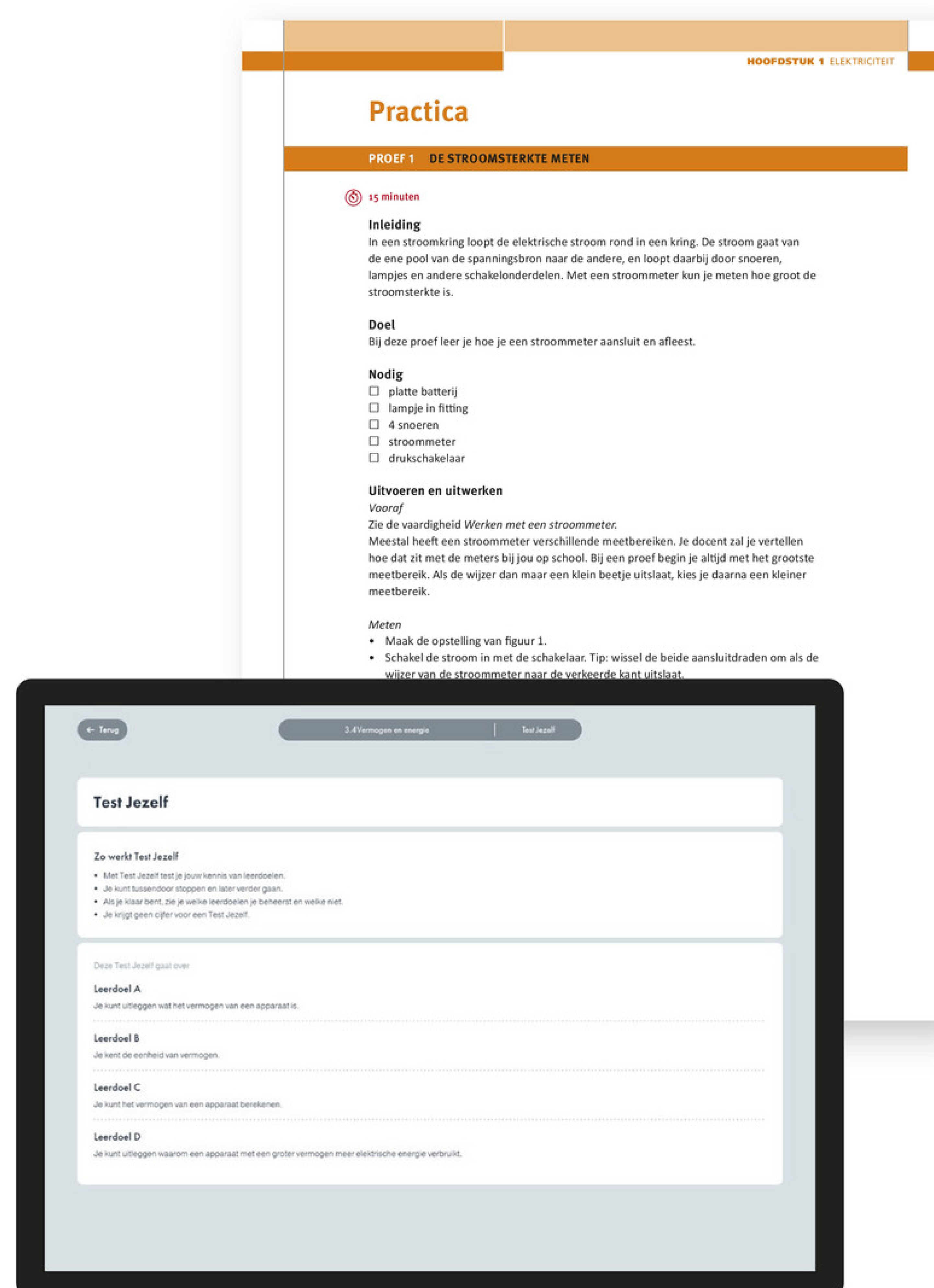
www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met Nova

Waarom Nova?

Natuurkunde gaat over de wereld om je heen. Met *Nova* heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!





Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je docent kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in een Introductie waarin je je voorkennis test, Theorieparagrafen, een Practicumparagraaf en een Afsluiting. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren en op welk taxonomieniveau je het geleerde oefent bij de opdrachten. Met de extra stof kun je jezelf uitdagen. Bij de practica ga je zelf aan de slag en leer je onderzoeken. In de Afsluiting vind je een overzicht van de leerstof in de onderdelen Onthoud en Begrippen.

Voordelen van online

- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je oefent belangrijke vaardigheden met de *Vaardigheidstrainer*.
- Je test je voorkennis met de *Voorkennistoets*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf*, *Oefentoets* en *Diagnostische toets*.
- Je docent volgt hoe je het doet.

Vaardigheden

Aan het eind van elk boek vind je het onderdeel Vaardigheden. Daarin worden de belangrijkste vaardigheden om onderzoek te doen uitgelegd. Enkele belangrijke vaardigheden kun je online oefenen met de *Vaardigheidstrainer*.

Goede voorbereiding op de toets!

In de afsluiting in het boek vind je in elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets. In de online paragraaf Afsluiting staat een *Diagnostische toets*. Hier vind je ook *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan aan het einde van elke paragraaf de *Test jezelf* of *Oefentoets*.





Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je schrijft je berekeningen op.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Betekenis symbolen

 Ga naar de online leeromgeving voor handige extra's.

PROEF 1 Er is een proef bij deze lesstof.

 Met deze proef ben je zolang bezig.

 Dit is een moeilijke opdracht.

 Deze opdracht maak je het beste in het boek.

Inhoud Deel A

Op aangeven van docenten is de volgorde van de hoofdstukken aangepast. Zo begint deel A niet meer met het moeilijke hoofdstuk Krachten.

De lesstof is beperkt tot de examenstof en de werklast is evenrediger verdeeld over leerjaar 3 en 4. De overlap in SE-lesstof is verwijderd. Dit resulteert in minder hoofdstukken. En dat geeft je lucht in je lesplanning.

Inhoud Deel B

Theorie en opdrachten in twee leerwerkboeken. Leerlingen mogen in de boeken schrijven zodat de stof goed beklijft en ze mogen de boeken houden. Handig voor in het examenjaar.

Er is bij elk hoofdstuk duidelijk aangegeven of het tijdens het CE of SE getoetst wordt.

De inhoud is geactualiseerd.
- Meer nadruk op duurzaamheid en aandacht voor energietransitie.
- Apparatuur en beelden zijn geactualiseerd.
- Meer gebruik van moderner ogend beeld.
- Meer diversiteit in beeld.

In de docentenhandleiding is gedetailleerder opgenomen wat de wijzigingen zijn ten opzichte van de vorige editie.

1 Elektriciteit

ELEKTRICITEIT IN HET DAGELIJKS LEVEN

Een leven zonder elektriciteit is niet voor te stellen. Er is elektriciteit nodig voor het opladen van je smartphone, tablet of het gebruik van de magnetron. Ook de elektrische fiets is niet meer weg te denken uit het straatbeeld!

Het hoofdstuk start altijd met een beknopte inleiding gelinkt aan de eigen omgeving van de leerling.

INTRODUCTIE

THEORIE

PRACTICA

AFSLUITING

Elk hoofdstuk heeft dezelfde opbouw: inventarisatie voorkennis, theorie en opdrachten, practica en een afsluiting ter voorbereiding op het proefwerk.

Er zijn veel nieuwe, moderne beelden in de methode verwerkt. Dat zorgt voor een eigentijdse uitstraling en draagt bij aan herkenbaarheid voor leerlingen.



Wat weet je al over elektriciteit?

LEERDOELEN

1 Je kent de symbolen die je gebruikt om een schakelschema te maken.
2 Je kunt uitleggen welke stoffen geleiders en isolatoren zijn en een aantal voorbeelden geven.
3 Je kunt uitleggen op welke manier je de stroomsterkte meet.
4 Je kunt het verschil tussen een parallelschakeling en een serieschakeling uitleggen.
5 Je kunt rekenen met de eenheid van stroomsterkte.
6 Je kent de eenheid van vermogen.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over elektriciteit geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

In deze introductie activeren de leerlingen aan het begin van elk hoofdstuk hun voorkennis.

1 Koppel de juiste component aan elk symbool.

A	(symbool lampje)	○	○ 1	batterij
B	(symbool led)	○	○ 2	lampje
C	A	○	○ 3	led
D	V	○	○ 4	schakelaar
E	open / dicht	○	○ 5	spanningsmeter
F	(symbool batterij)	○	○ 6	stroommeter

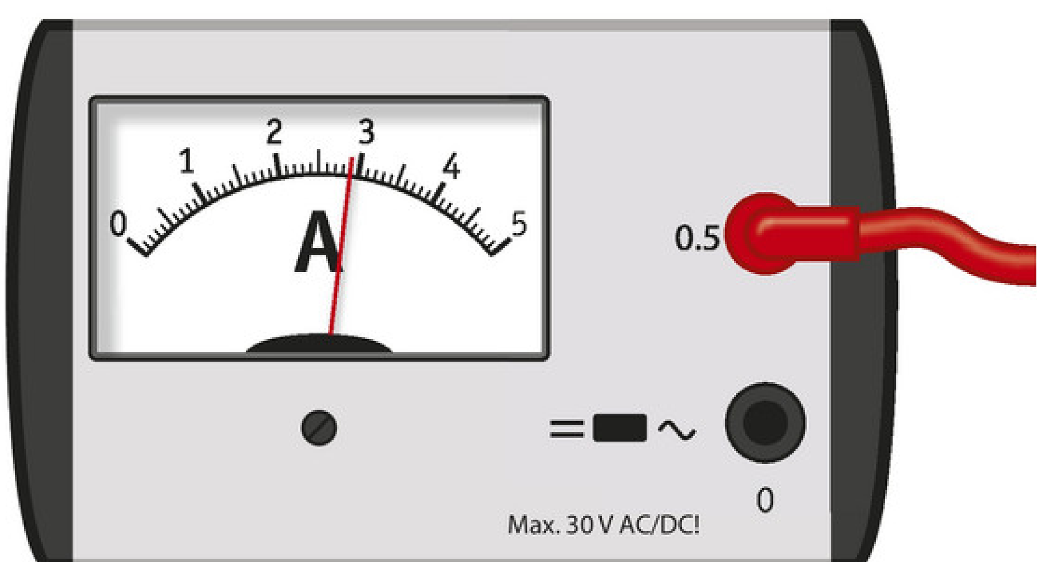
2 Kies de stoffen die elektrische stroom goed geleiden.
aluminium – glas – ijzer – koper – kurk – plastic – rubber – staal

3 Lees af hoe groot de stroomsterkte is die de stroommeters aangeven.

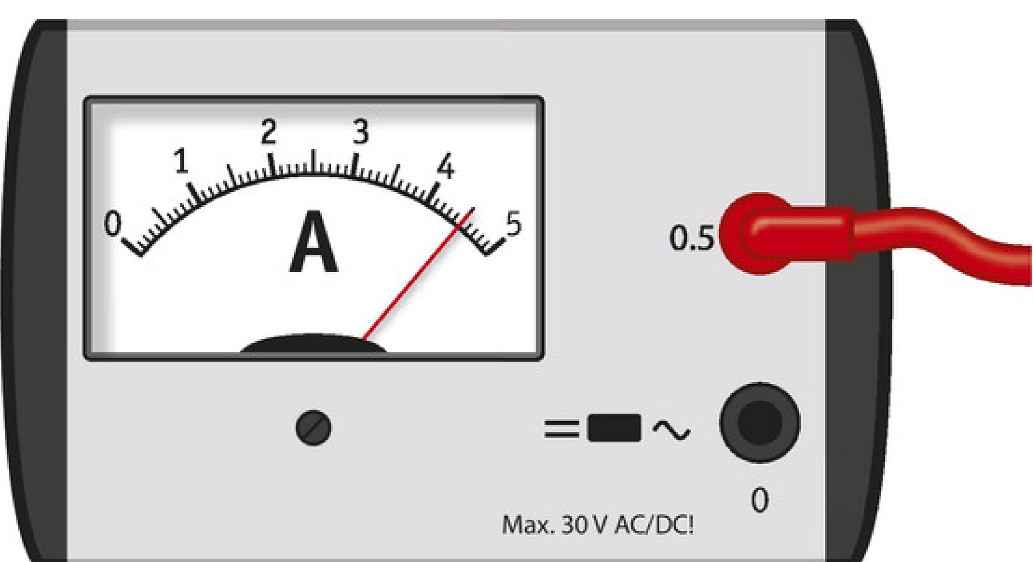
a De stroomsterkte van meter a is .... A.

b De stroomsterkte van meter b is .... A.

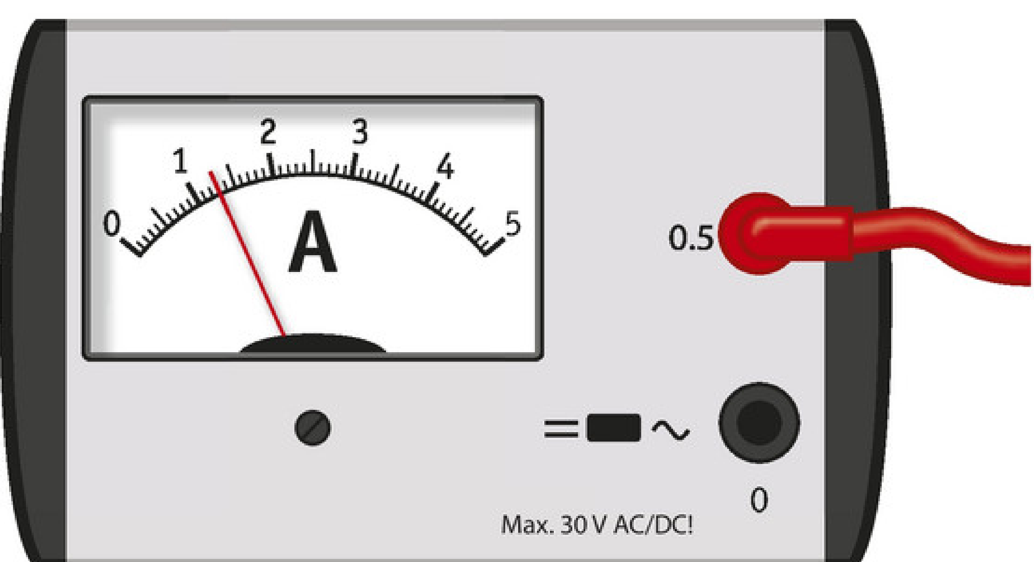
c De stroomsterkte van meter c is .... A.



stroommeter a

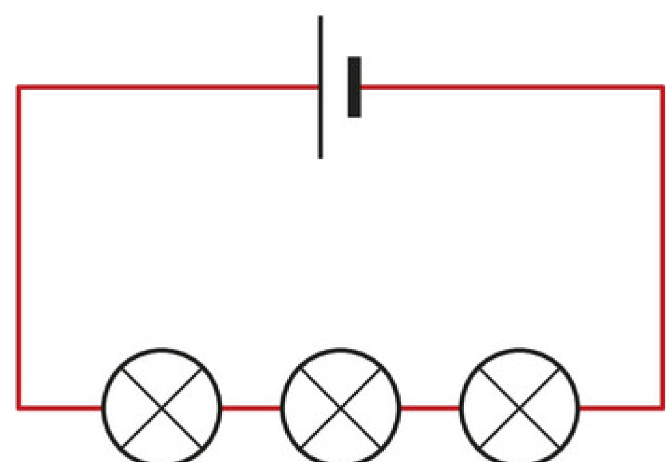


stroommeter b

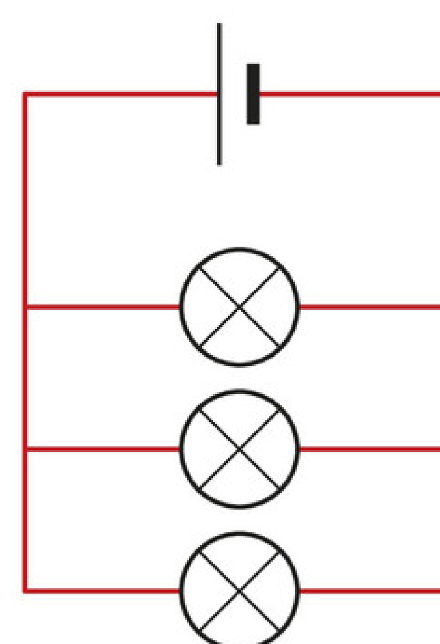


stroommeter c

4 Kies bij elke figuur de juiste soort schakeling.



parallelschakeling / serieschakeling



parallelschakeling / serieschakeling

5 Reken om.
0,001 A = 1 mA

0,002 A = ... mA

0,238 A = ... mA

6 Reken om.
1 mA = 0,001 A

98 mA = ... A

142 mA = ... A

7 Reken om.

6000 W = ... kW

223 W = ... kW

8 Reken om.

7,8 kW = ... W

0,037 kW = ... W



Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

Online vind je nog extra gesloten opdrachten waarmee je de voorkennis kunt toetsen.

1 Elektrische stroom

LEERDOELEN

1.1.1 Je kunt met een model uitleggen hoe een elektrische stroom rond stroomt in een stroomkring.
1.1.2 Je kunt aangeven hoe je een stroommeter moet schakelen om een bepaalde stroom te meten.
1.1.3 Je kunt uitleggen dat de stroomsterkte in een serieschakeling op alle plaatsen even groot is.
1.1.4 Je kunt stroomsterktes in parallelschakelingen berekenen.
EXTRA 1.1.5 Je kunt beredeneren hoe groot de stroomsterktes in een gemengde schakeling zijn.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5
Onthouden	1abc, 2ab, 5abc	3abc, 4		3d	
Begrijpen		7, 8, 9abc, 10a, 11a	10b, 12	13	16abcd, 17a
Toepassen		11b		6, 14abcd	15, 17bc
Analyseren					

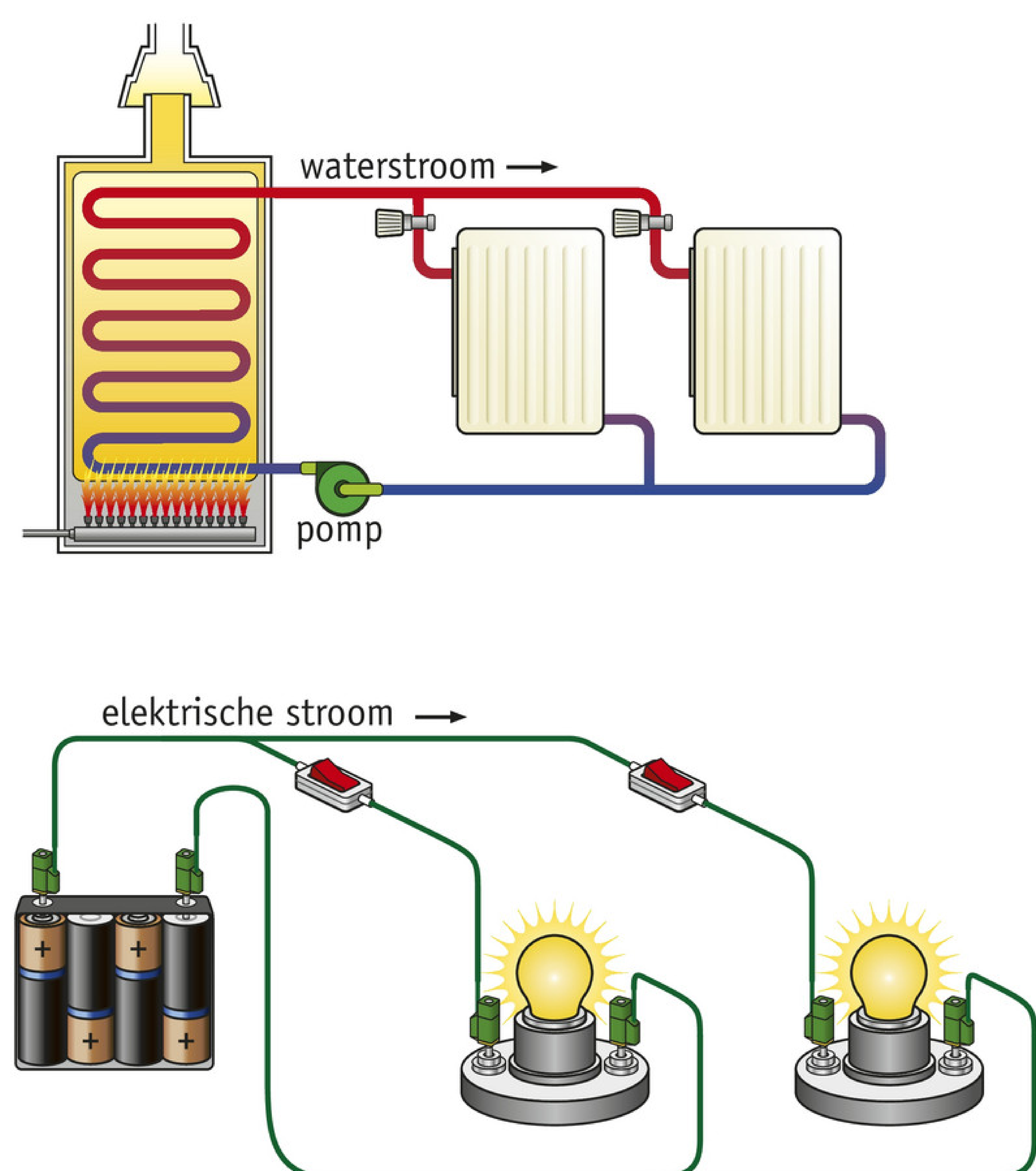
Dimitri zegt: “Door de koplamp van een fiets gaat wel tien keer zo veel stroom als door het achterlicht.” Hoe kun je nagaan of hij gelijk heeft?

EEN ELEKTRISCHE STROOMKRING

Als je een elektrisch apparaat aanzet, maak je een **gesloten stroomkring**. De stroom loopt rond: van het stopcontact naar het apparaat, door het apparaat heen en daarna weer terug naar het stopcontact.

Om te begrijpen hoe de stroom door zo’n stroomkring loopt, kun je een model gebruiken. Een goed model is de cv-installatie van een woonhuis. In een cv-installatie stroomt water in een gesloten kring rond (figuur 1). Een pomp zorgt voor het rondstromen van het water. Je kunt het stromende water onderbreken door een kraan in de leiding dicht te draaien. Dat is de knop op de radiator.

In een stroomkring loopt elektrische stroom in een gesloten kring rond. Een spanningsbron (‘de pomp’) zorgt voor het rondlopen van de stroom. De stroom kun je met een schakelaar (de ‘kraan’) aan- en uitzetten.



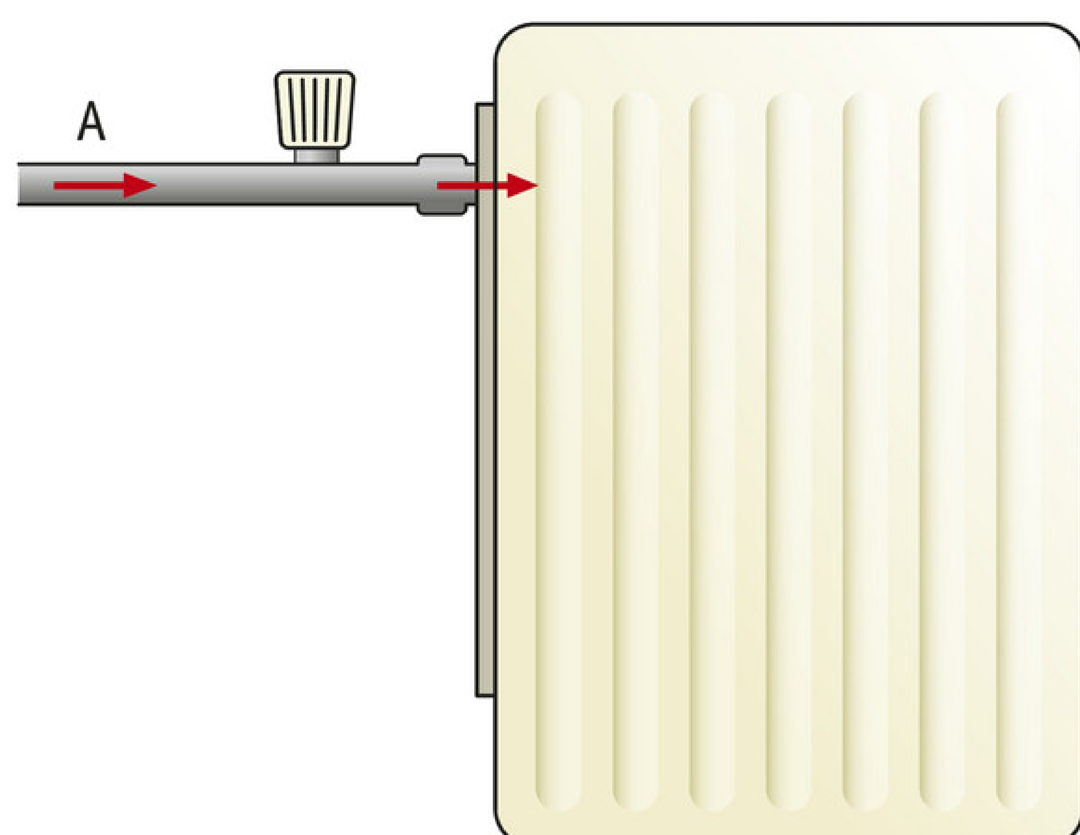
figuur 1 De cv-installatie als model voor een stroomkring.

DE STROOMSTERKTE METEN

PROEF 1

Door de buizen van een cv-installatie stroomt water. Je kunt meten hoeveel liter water per seconde een bepaald punt passeert. In figuur 2 is dat bijvoorbeeld 0,1 liter per seconde. Die 0,1 liter per seconde noem je de stroomsterkte van het water.

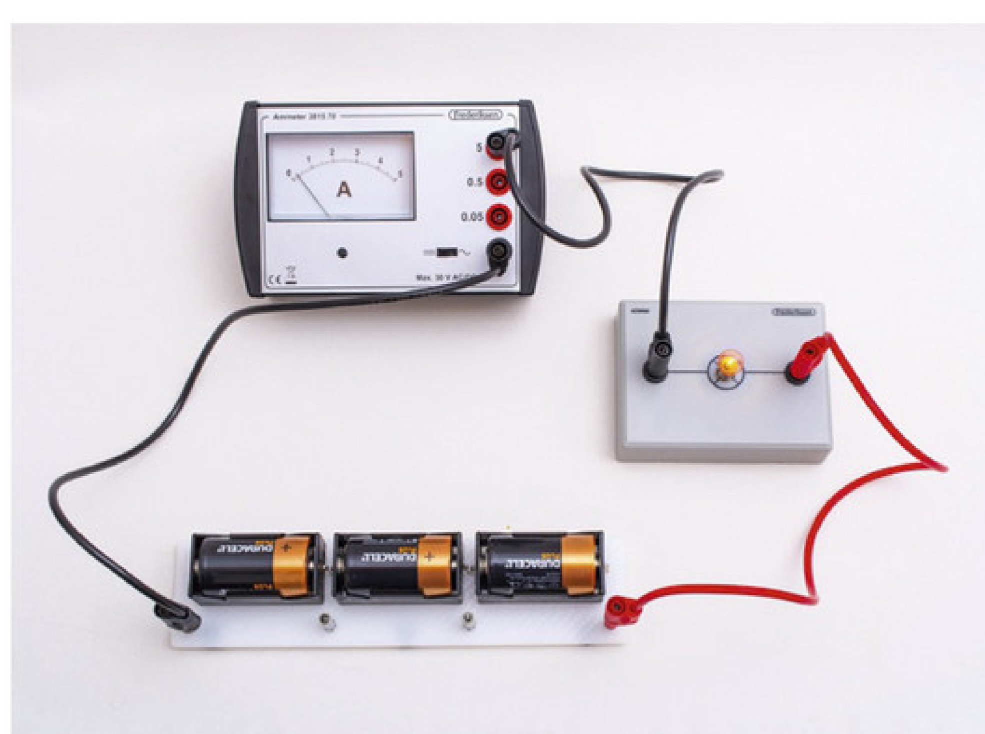
Bij A passeert elke seconde 0,1 liter water.

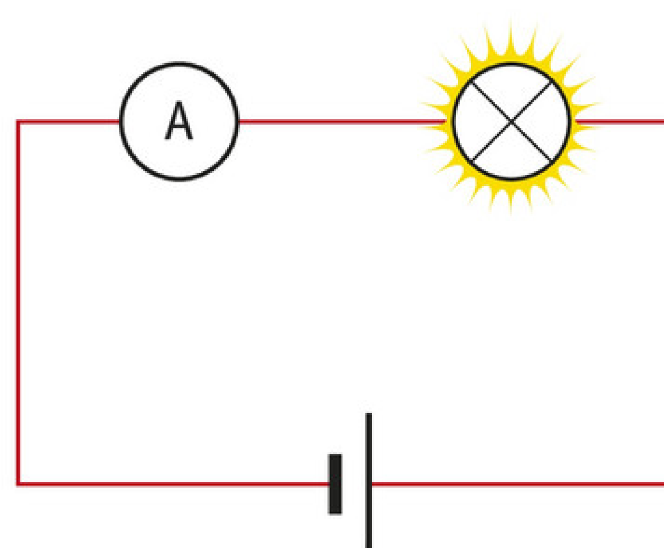


figuur 2 De stroomsterkte in een cv-buis.

De blauwe woorden in de lesstof zijn de begrippen. Aan het einde van het hoofdstuk is een begrippenlijst per paragraaf opgenomen. Leerlingen kunnen de begrippen (ook samen) oefenen met behulp van flitskaarten.

Met een **stroommeter** kun je de **stroomsterkte** in een elektrische stroomkring meten. In figuur 3 zie je hoe je de stroommeter moet aansluiten: in serie met het lampje. Je kunt de stroomsterkte dan aflezen in ampère (A) of in milliampère (mA). Door het lampje in figuur 3 loopt bijvoorbeeld een stroomsterkte van 0,2 A. Dat is hetzelfde als 200 mA.





figuur 3 Zo meet je de stroom door een lampje.

DE STROOMSTERKTE IN EEN SERIESCHAKELING

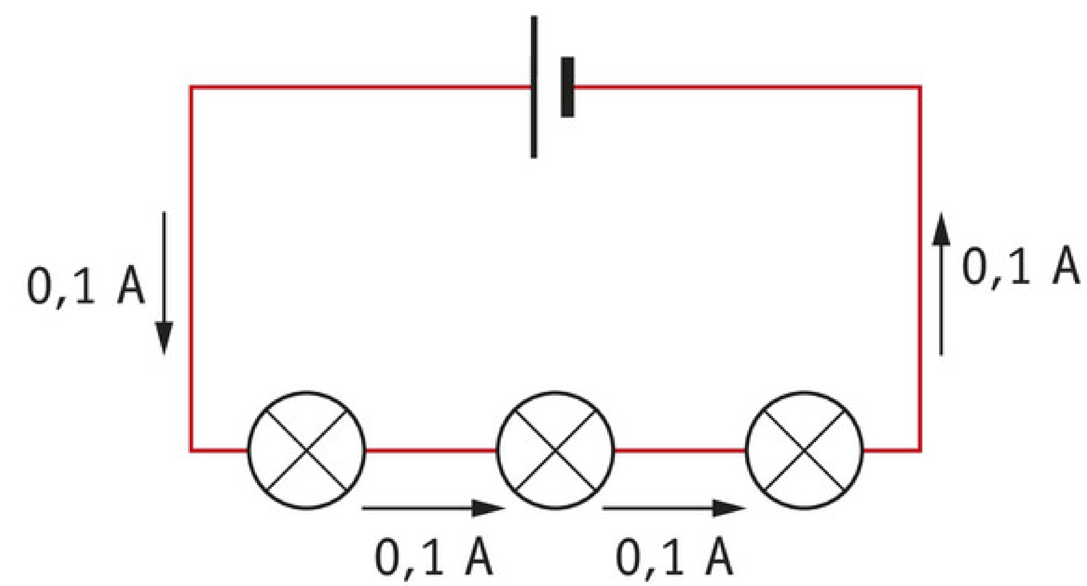
PROEF 2

In een **serieschakeling** kan de stroom maar één route volgen. De stroomsterkte is overal even groot. Dat kun je begrijpen met het cv-model. Als er aan de ene kant van een buis 1 liter water per seconde binnenstroomt, moet er aan de andere kant ook weer 1 liter water per seconde uitstromen. Onderweg verdwijnt er geen water.

Zo zit dat ook met de elektrische stroom die door een serieschakeling loopt. Als je links van een lampje een stroom meet van 0,1 A, meet je ook rechts van het lampje een stroom van 0,1 A. De stroomsterkte is overal even groot (figuur 4).

Duidelijke verwijzing naar de practica aan het einde van het hoofdstuk.



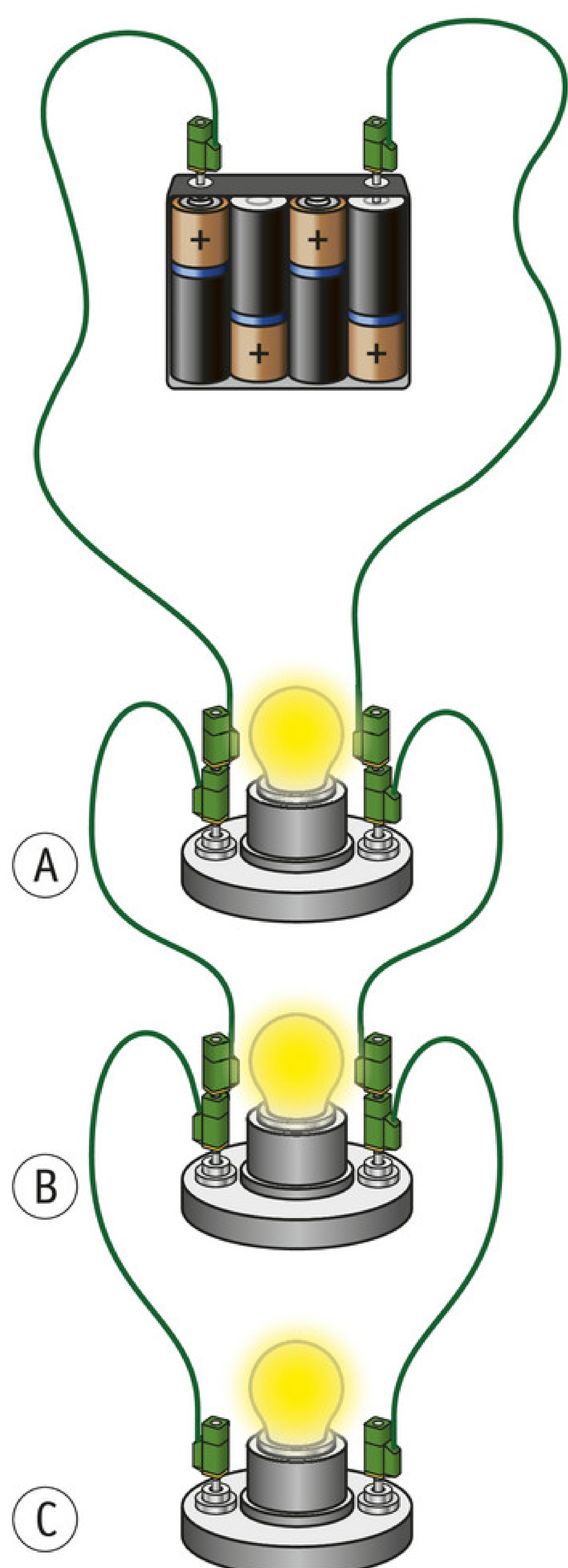


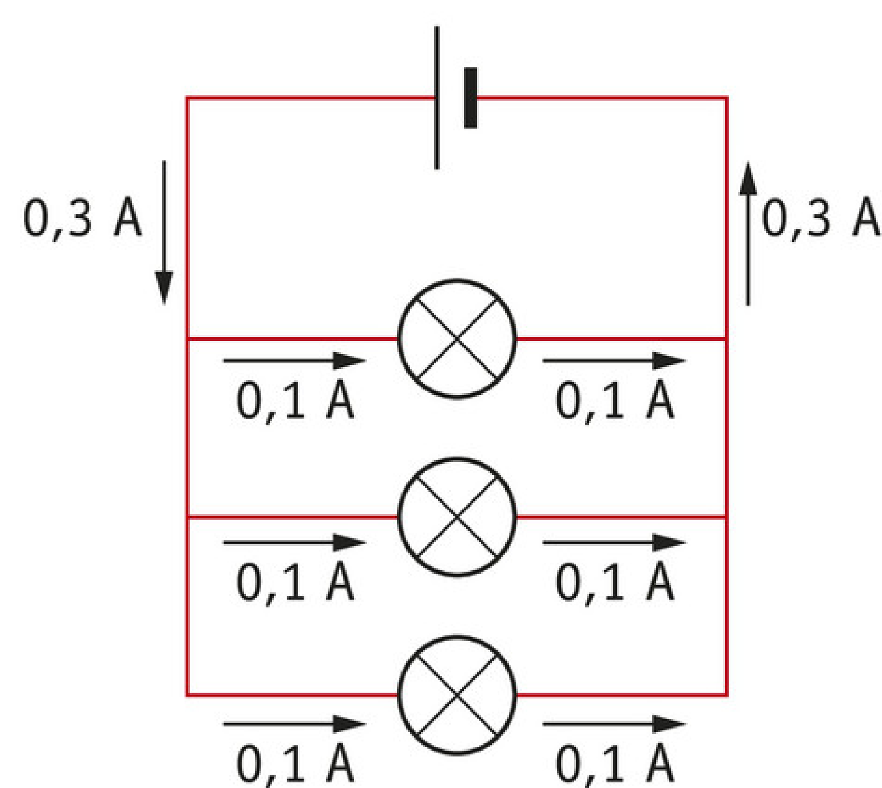
figuur 4 De stroomsterkte is overal even groot.

DE STROOMSTERKTE IN EEN PARALLELSCHAKELING

PROEF 3

Een **parallelschakeling** heeft vertakkingen. De stroom kan dus meer dan één route ‘kiezen’ (figuur 5). Door elke tak loopt een stroom met een bepaalde sterkte. Als je de **totale stroomsterkte** door de schakeling wilt weten, moet je de stroomsterktes in alle takken bij elkaar optellen. Ook dat klopt met het cv-model.





figuur 5 Stroomsterktes in een parallelschakeling.

Voor de stroomsterkte in een parallelschakeling kun je de rekenregel schrijven als:

totale stroomsterkte = stroomsterkte door tak 1 + stroomsterkte door tak 2 + stroomsterkte door tak 3 + ...

Het symbool voor de stroomsterkte is de letter I. In symbolen wordt de rekenregel dan:

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 + ...$$

In deze formule is:
- I de stroomsterkte in ampère (A).

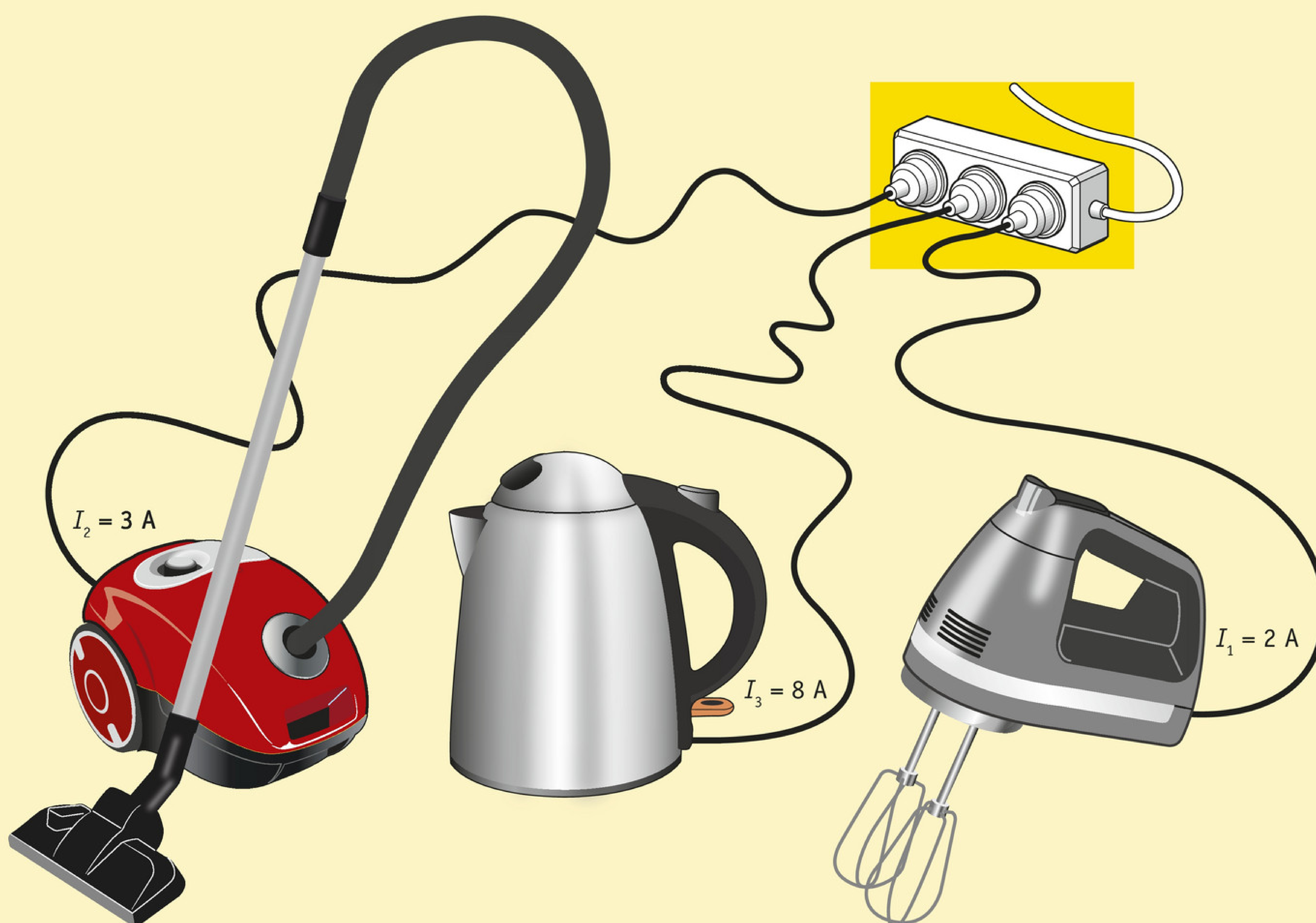
Elke vertakking krijgt dus een eigen nummer. Door tak 1 loopt I_1, door tak 2 loopt I_2, enzovoort.

VOORBEELDOPDRACHT 1
In figuur 6 zijn drie elektrische apparaten op het lichtnet aangesloten.
Bereken de totale stroomsterkte.

gegevens $I_1 = 2$ A
$I_2 = 3$ A
$I_3 = 8$ A

gevraagd $I_{tot} = ?$

uitwerking $I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 3 + 8 = 13$ A



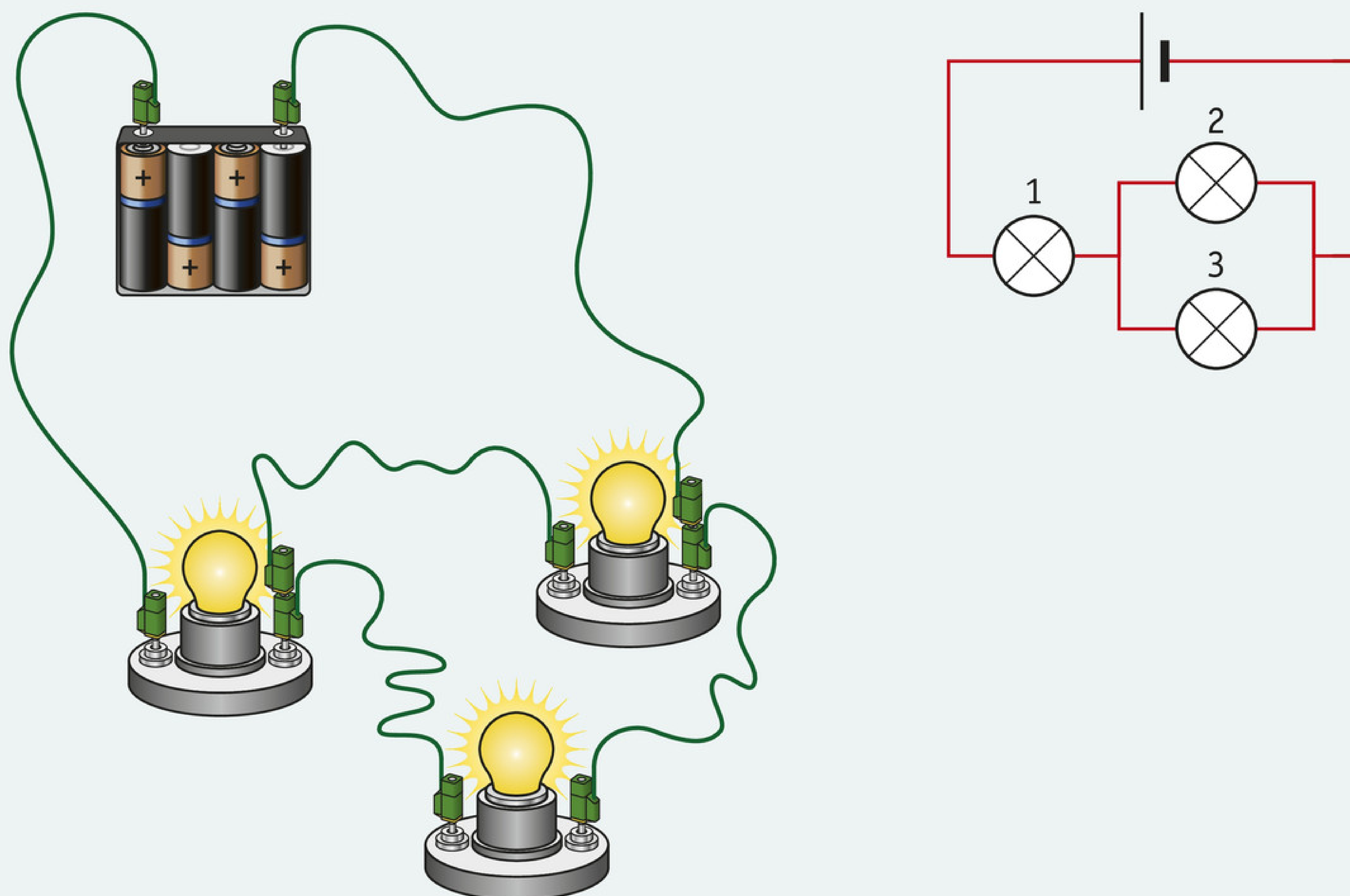
figuur 6 Hoe groot is de totale stroomsterkte?

EXTRA GEMENGDE SCHAKELINGEN

Voor de snellere leerlingen zijn er de extra opgaven. Zo kun je eenvoudig differentiëren in tempo.

PROEF 4

In een gemengde schakeling zijn sommige onderdelen in serie geschakeld en andere parallel. In figuur 7 zie je een eenvoudig voorbeeld: de lampjes 2 en 3 zijn parallel aan elkaar geschakeld, maar ze staan in serie met lampje 1.



figuur 7 Een gemengde schakeling van drie lampjes.

Als je lampje 1 losdraait, gaan de lampjes 2 en 3 uit. Je hebt dan geen gesloten stroomkring meer. Maar als je lampje 2 losdraait, blijven de lampjes 1 en 3 gewoon branden. Dat komt doordat er dan nog steeds een gesloten stroomkring is.

Lampje 1 brandt feller dan lampje 2 en lampje 3. Dat dit zo is, kun je begrijpen met het cv-model. De schakeling vertakt zich na lampje 1. De stroom verdeelt zich dan over lampje 2 en lampje 3. Door lampje 1 loopt dus evenveel stroom als door lampje 2 en 3 samen.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Zijn de beweringen waar of onwaar?

a Een elektrisch apparaat kan alleen werken als het in een gesloten stroomkring is opgenomen. *waar / onwaar*

b Als een elektrisch apparaat uitstaat, is de stroomkring nog steeds gesloten. *waar / onwaar*

c In een parallelschakeling kan de stroomkring maar één route volgen. *waar / onwaar*

2 Vul in.

a Als je een elektrisch apparaat aanzet, maak je een gesloten ....

b Wat loopt er dan via het snoer door het apparaat? ....

3 Vul in.

a Met een .... kun je de stroomsterkte in een elektrische stroomkring meten.

b Het symbool van de stroomsterkte is de letter ....

c I = 0,5 A betekent: ....

d De totale stroomsterkte in een parallelschakeling kun je berekenen met de formule:

....

4 In een schakeling zitten drie lampjes. Je wilt de stroomsterkte van een lampje meten.
Hoe moet je de stroommeter dan in de schakeling opnemen?

- ○ A Je moet de stroommeter parallel aan het lampje schakelen.
- ○ B Je moet de stroommeter in serie met het lampje schakelen.
- ○ C Het maakt niet uit hoe je de stroommeter schakelt, zolang de lampjes maar branden.

5 Het rondlopen van een elektrische stroom kun je vergelijken met het stromen van water door een cv-installatie.

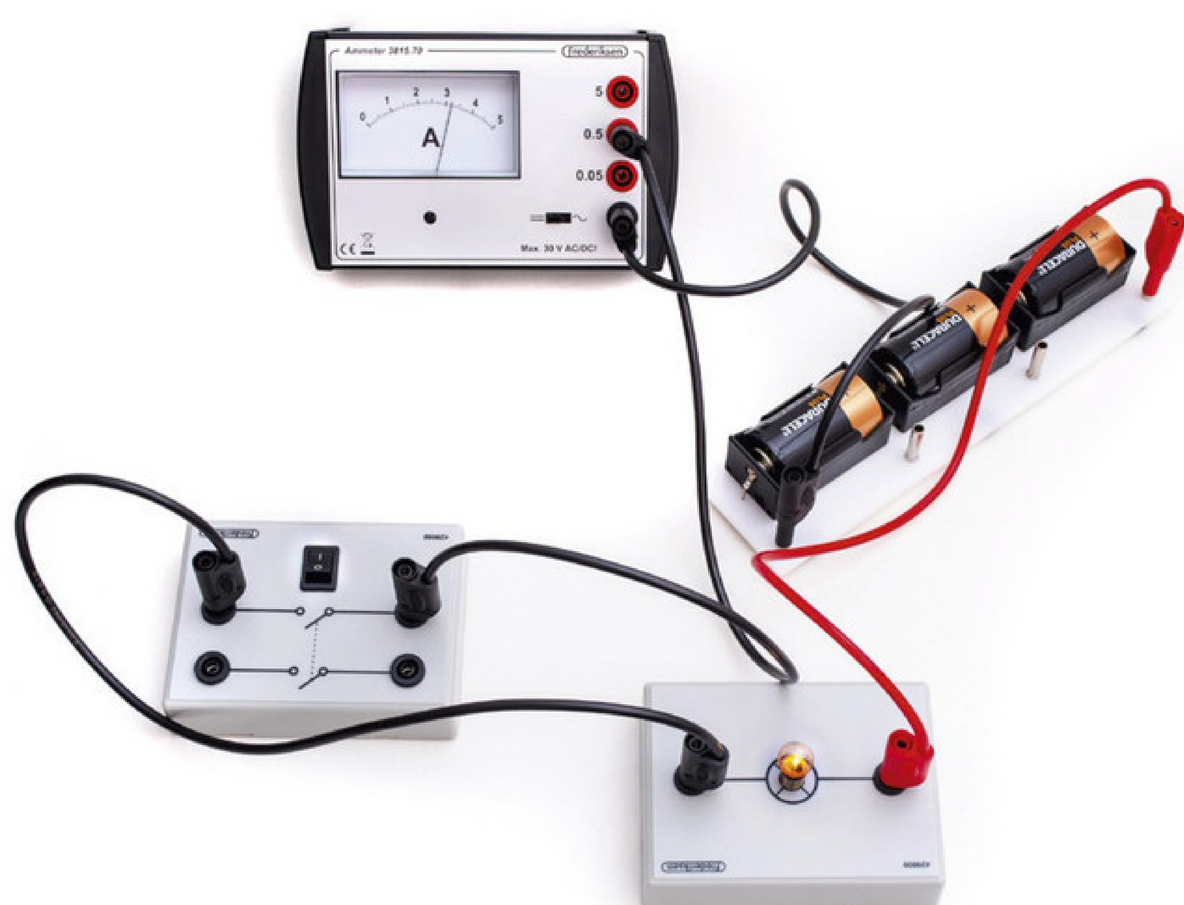
a Wat is de ‘pomp’ in een elektrische stroomkring? de ....

b Wat zijn de ‘kranen’ in een elektrische stroomkring? de ....

c Wat zijn de ‘buizen’ in een elektrische stroomkring? de ....

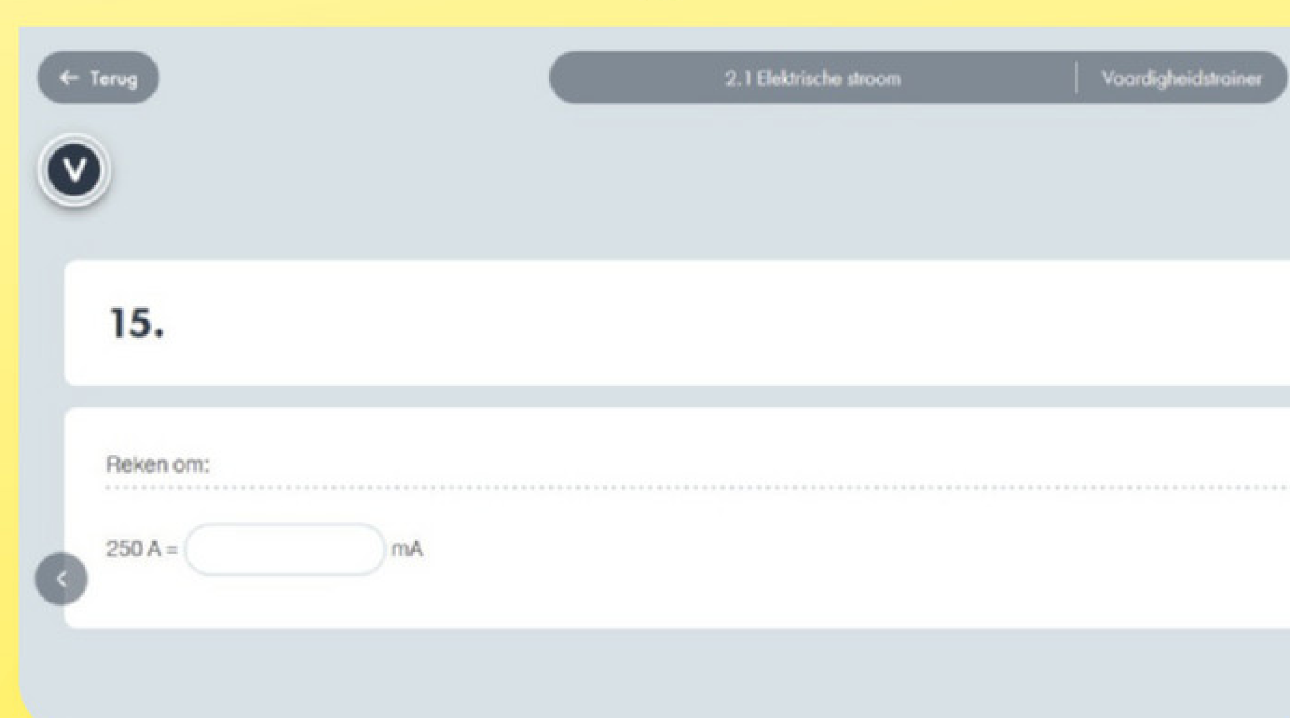
TOEPASSING

6 In figuur 8 zie je een foto van een schakeling.
Teken het bijbehorende schakelschema in het tekenvak.



figuur 8 Een eenvoudige stroomkring.

Meer oefening nodig met rekenen?
Ga naar de vaardigheidstrainer.



7 Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.
Reken om.

0,024 A = ... mA

1,781 A = ... mA

0,341 A = ... mA

0,150 A = ... mA



Meer oefening nodig met het omrekenen van voorvoegsels?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 1 Elektrische stroom.

8 Reken om.

83 mA = ... A

654 mA = ... A

6 mA = ... A

69 mA = ... A

9 Jenny doet drie proeven waarbij ze telkens de stroomsterkte meet. De foto's in figuur 9 zijn tijdens die proeven genomen. Noteer bij elke foto:

- welk meetbereik is gebruikt;
- hoe groot de stroomsterkte is.

a stroommeter a:

meetbereik: ....

stroomsterkte: ....

b stroommeter b:

meetbereik: ....

stroomsterkte: ....

c stroommeter c:

meetbereik: ....

stroomsterkte: ....

figuur 9 Wat geven de drie stroommeters aan?



stroommeter a



stroommeter b



stroommeter c

10 Zie de vaardigheid *Werken met een stroommeter.*
Joshua heeft vier manieren bedacht om de stroomsterkte door een lampje te meten (figuur 10). Twee van deze schakelingen zijn fout: zo kun je de stroomsterkte niet meten.

a Welke twee schakelingen zijn fout? Leg je antwoord uit.

....

....

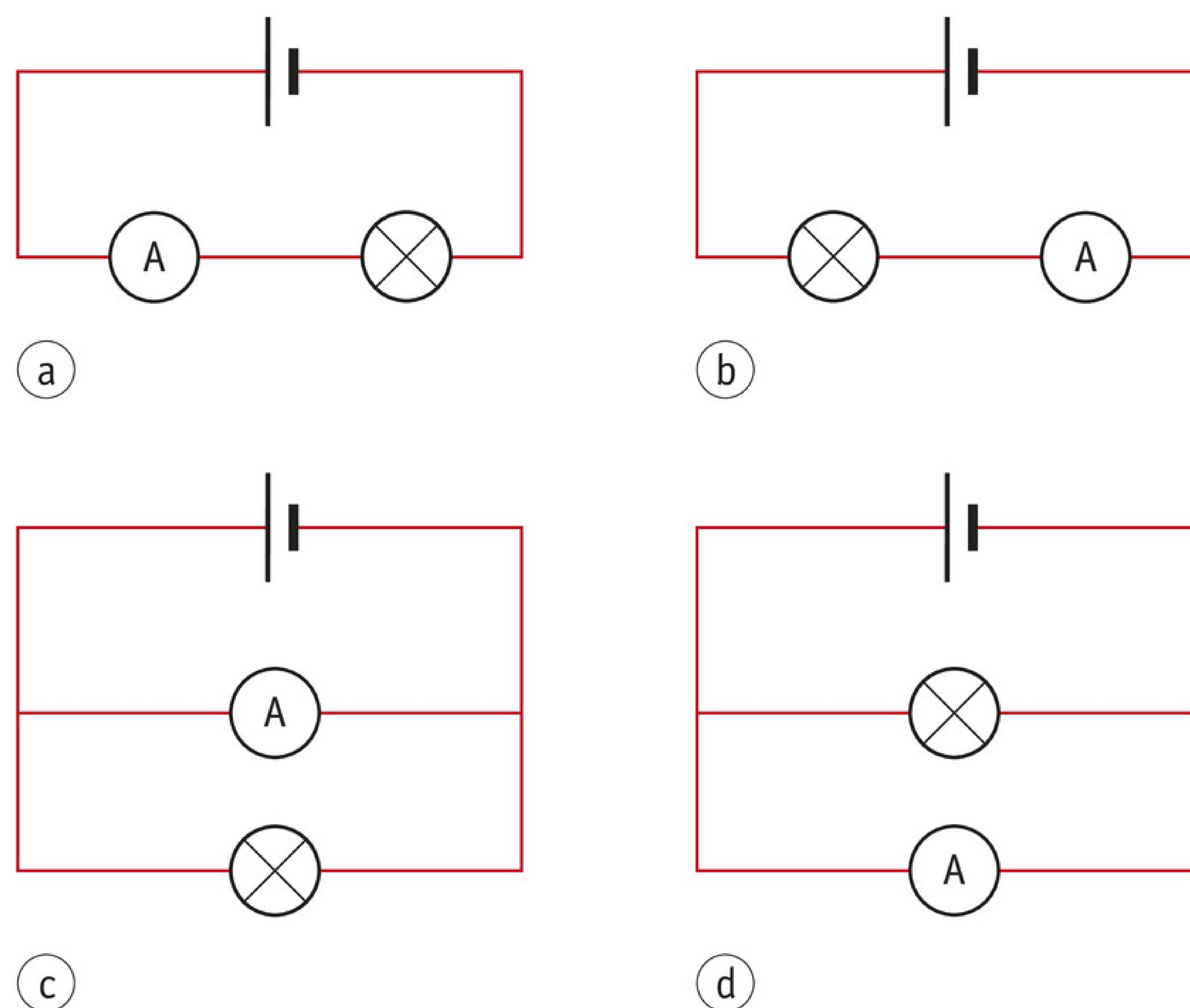
....

b Maakt het uit welke van de twee overgebleven schakelingen Joshua kiest? Leg je antwoord uit.

....

....

figuur 10 Hoe meet je de stroom door het lampje?



11 Ilse gebruikt een stroommeter om de stroomsterkte door een lampje te meten (figuur 11). Er is iets fout: de wijzer van de stroommeter beweegt de verkeerde kant op.

a Wat heeft Ilse fout gedaan?

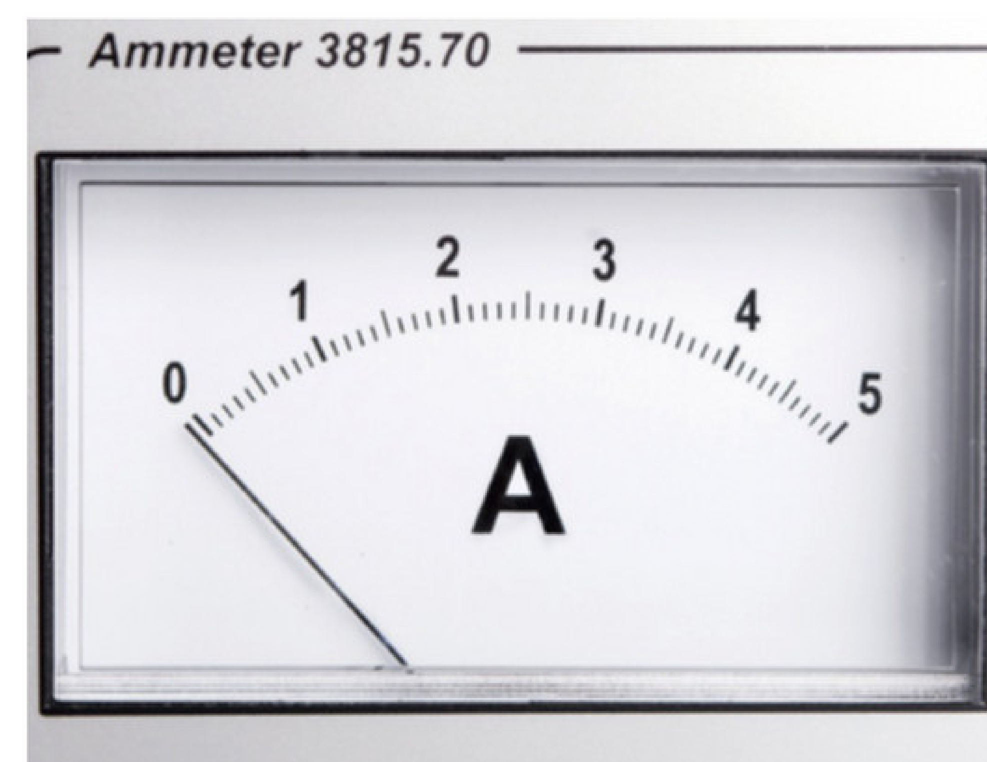
....

....

....

....

....



figuur 11 De stroommeter werkt niet goed: wat is er fout gegaan?

b Wat moet Ilse doen om dit probleem op te lossen?

....

....

....

....

12 Wat gebeurt er met de lampjes als je in een serieschakeling één lampje losdraait?

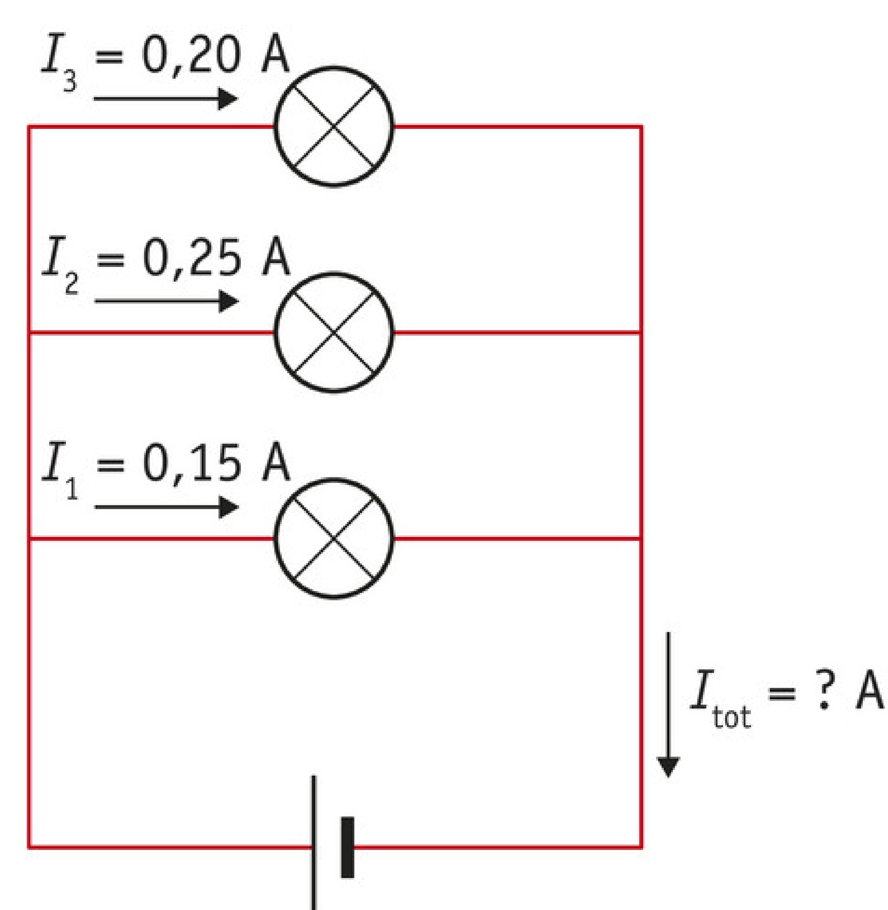
- ○ A Alle lampjes gaan uit.
- ○ B Het losgedraaide lampje gaat uit en de andere lampjes gaan minder fel branden.
- ○ C Het losgedraaide lampje gaat uit en de andere lampjes blijven even fel branden.
- ○ D Het losgedraaide lampje gaat uit en de andere lampjes gaan feller branden.

13 Wat gebeurt er met de lampjes als je in een parallelschakeling één lampje losdraait?

- ○ A Alle lampjes gaan uit.
- ○ B Het losgedraaide lampje gaat uit en de andere lampjes gaan minder fel branden.
- ○ C Het losgedraaide lampje gaat uit en de andere lampjes blijven even fel branden.
- ○ D Het losgedraaide lampje gaat uit en de andere lampjes gaan feller branden.

14 Jorien en Salim doen een proef met een parallelschakeling van drie lampjes. Tijdens de proef meten ze de stroomsterkte op drie plaatsen (figuur 12).

a Bereken de totale stroomsterkte in deze schakeling.



figuur 12 De schakeling en meetwaardes van Jorien en Salim.

....

....

....

....

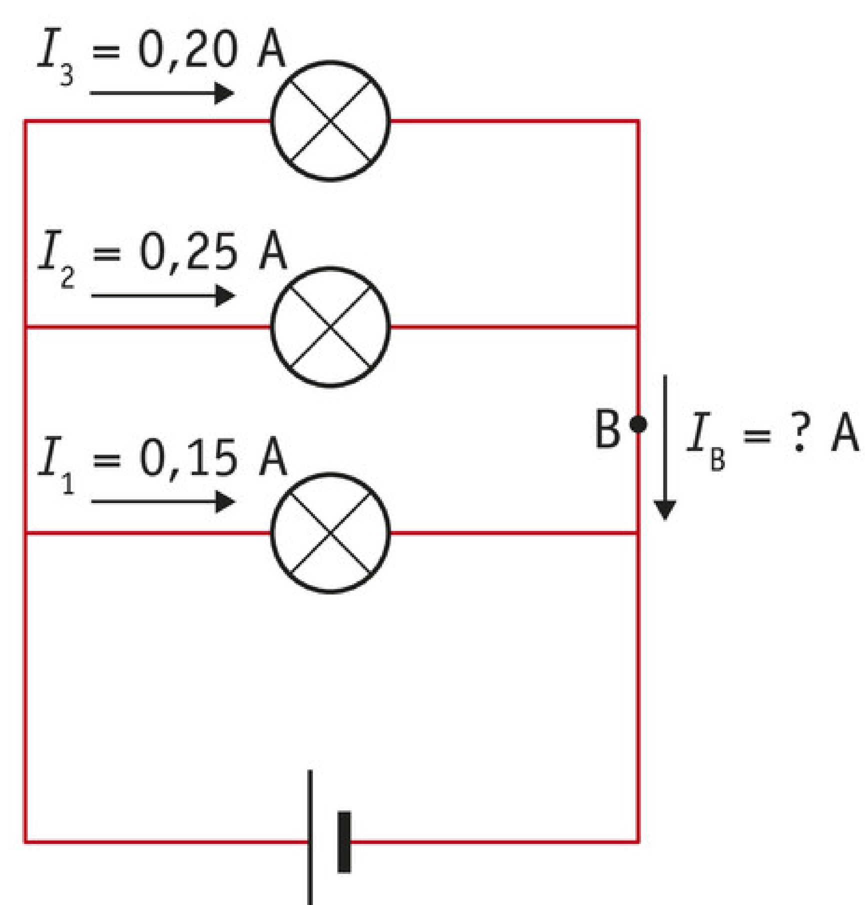
....

....

....

....

b Bereken hoe groot de stroomsterkte in punt B van figuur 13 is.



figuur 13 Hoe groot is de stroomsterkte in punt B?

....

....

....

....

....

....

....

....

c Jorien draait het lampje in tak 2 los.
Vul de stroomsterktes in na het losdraaien van het lampje in tak 2.

I_1 = ... A

I_2 = ... A

I_3 = ... A

I_{tot} = ... A

d Jorien en Salim vervangen het lampje in tak 2 door een ander lampje. Ze doen weer drie metingen (figuur 14).
Laat met een berekening zien hoeveel de stroomsterkte door het nieuwe lampje lager is dan door het oude lampje.

....

....

....

....

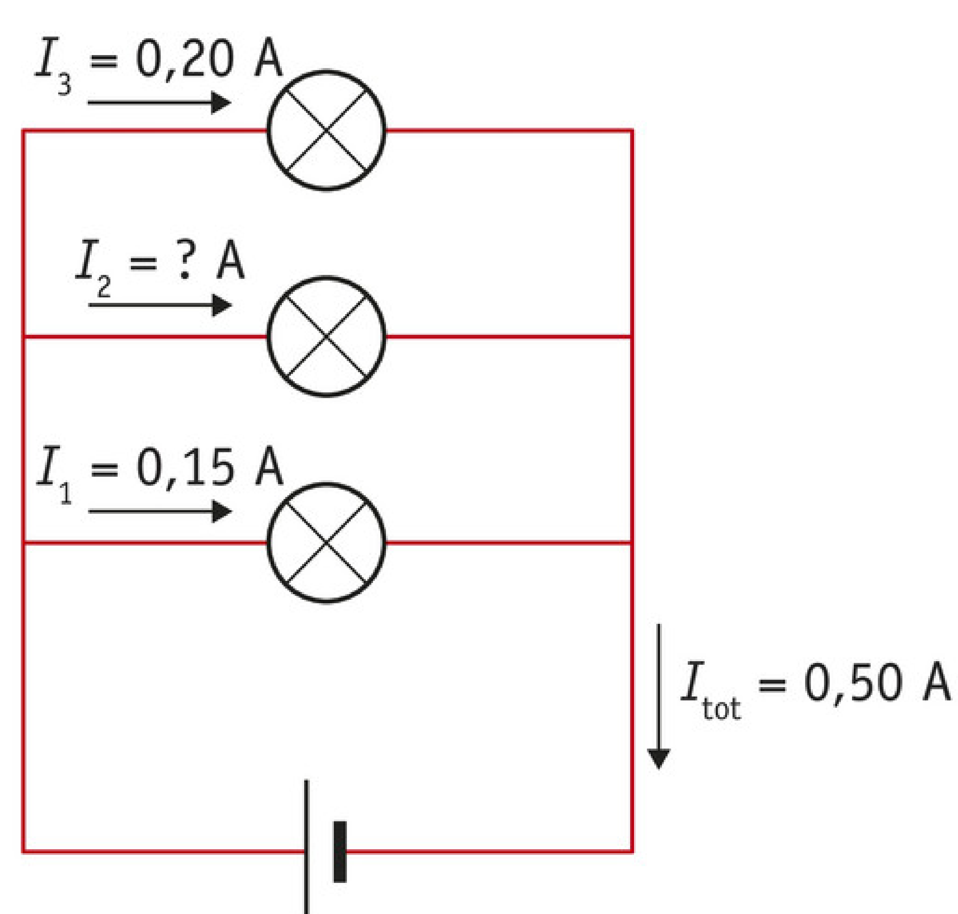
....

....

....

....

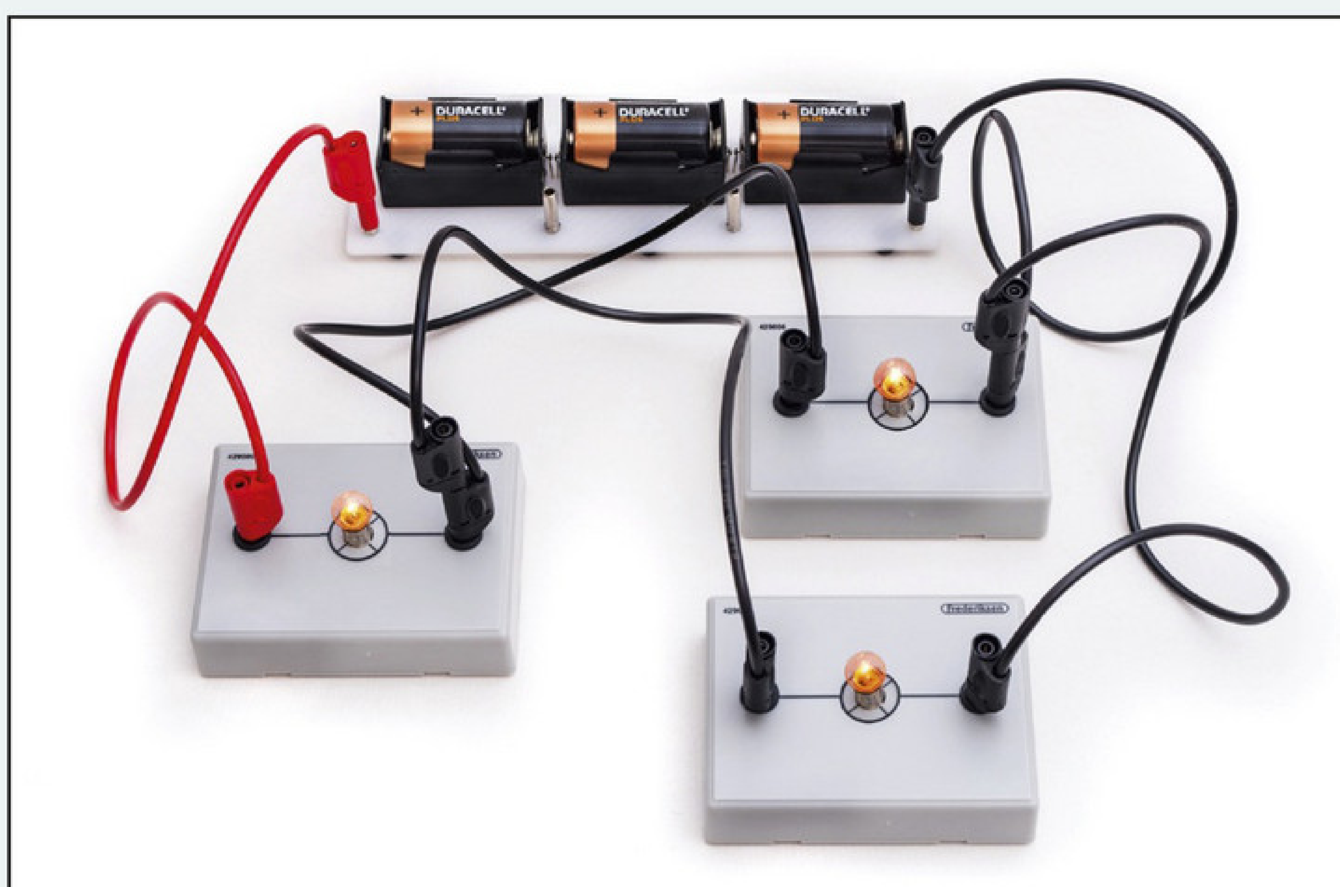
....



figuur 14 Een ander lampje in tak 2.

EXTRA GEMENGDE SCHAKELINGEN

15 In figuur 15 zie je een gemengde schakeling van drie lampjes en een batterij. Teken het bijbehorende schakelschema in het tekenvak.



figuur 15 Een gemengde schakeling.



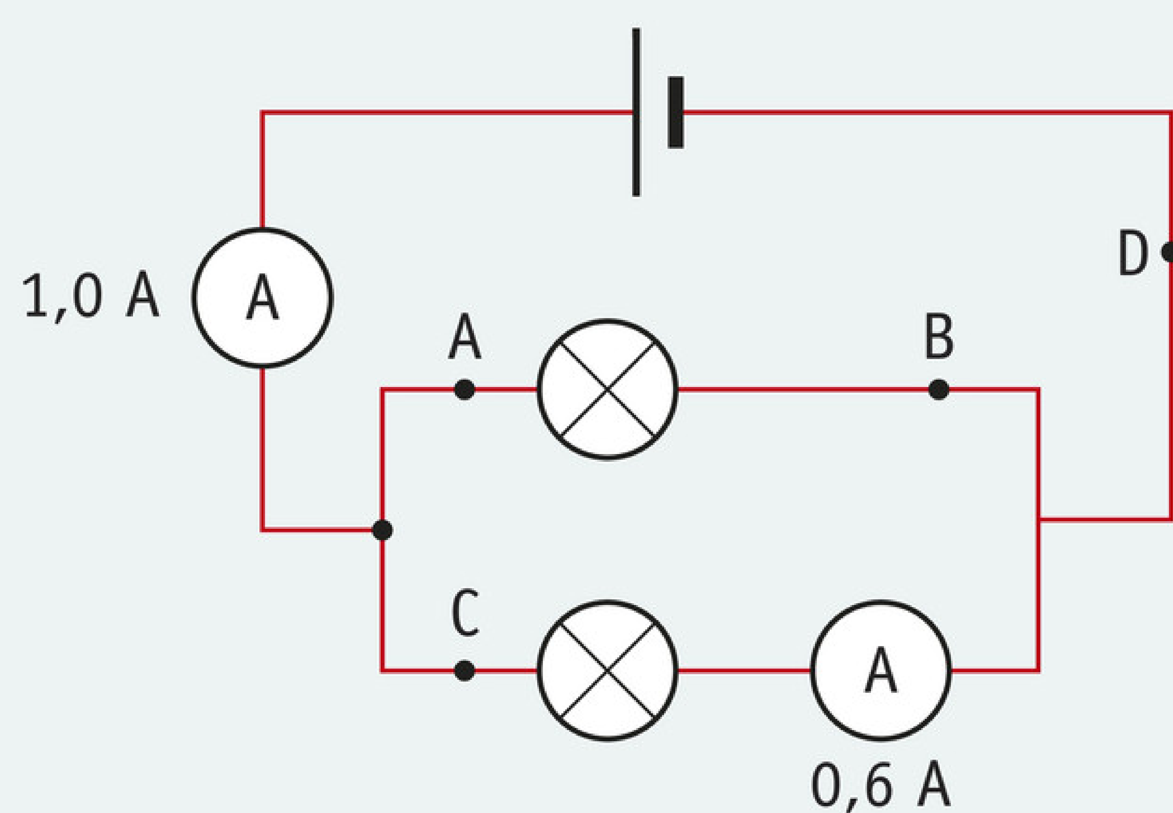
16 In de schakeling in figuur 16 is op twee plaatsen de stroomsterkte gemeten. De meetresultaten staan bij de schakeling.
Hoe groot is de stroomsterkte:

a bij A? ....

b bij B? ....

c bij C? ....

d bij D? ....



figuur 16 De stroomsterkte in een parallelschakeling.

17 Charlotte heeft een schakeling gemaakt met vijf gelijke lampjes, zie figuur 17.

a Welke lampjes branden het felst? Leg je antwoord uit.

....

....

....

b Charlotte draait lampje 1 los.
Welke lampjes blijven branden en welke gaan nu uit?

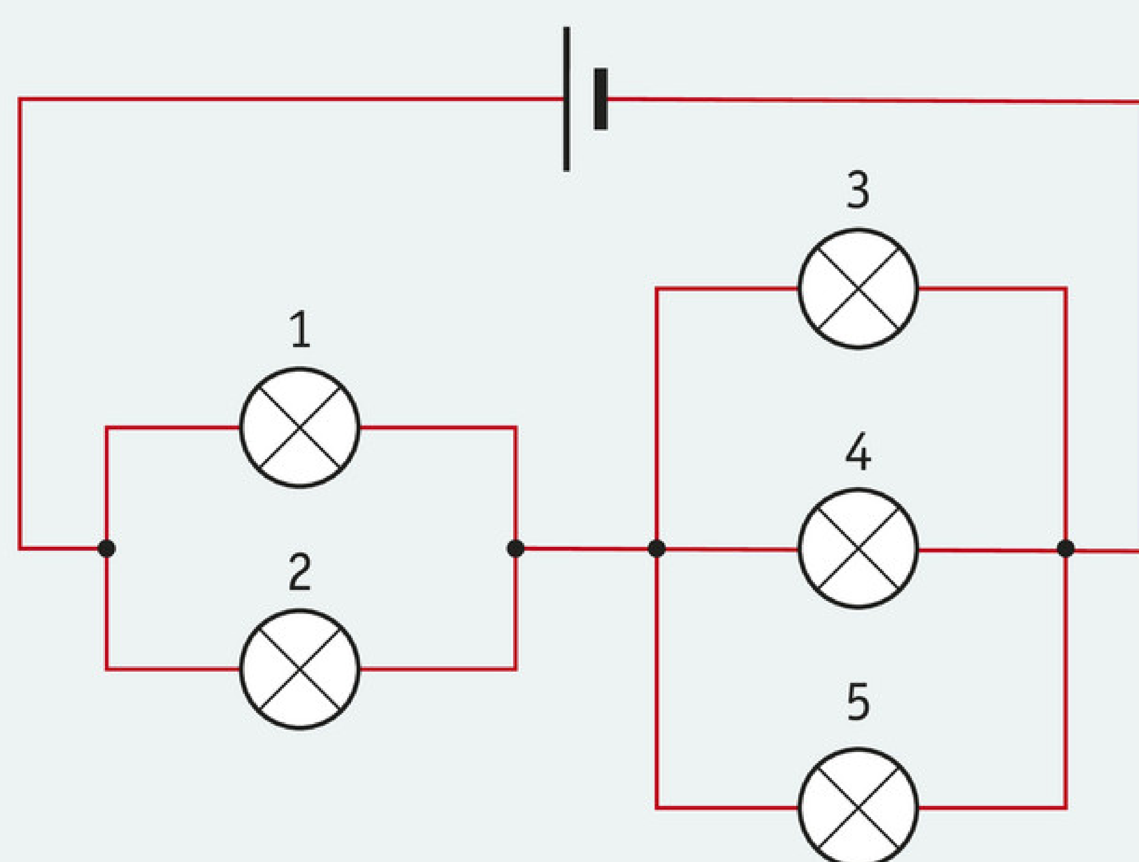
....

....

c Lampje 1 is nog steeds los. Charlotte draait nu ook nog lampje 2 los.
Welke lampjes blijven branden en welke gaan nu uit?

....

....



figuur 17 Charlottes schakeling.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

Met de *Test jezelfs* kunnen de leerlingen de lesstof toetsen op leerdoelniveau per paragraaf. Zo zien ze precies welke leerdoelen ze wel en niet beheersen.

2 Elektriciteit in huis

Aan het begin van elke paragraaf zijn leerdoelen opgenomen. Zo weten de leerlingen precies wat ze gaan leren en wat ze op het eind van een paragraaf moeten kennen en kunnen. Dat geeft ze meer houvast.

LEERDOELEN

1.2.1 Je kunt onderdelen van de huisinstallatie benoemen.
1.2.2 Je kunt beschrijven waar de verschillende draden in een huisinstallatie voor dienen.
1.2.3 Je kunt de oorzaak en de gevolgen beschrijven van kortsluiting en overbelasting.
EXTRA 1.2.4 Je kunt het verschil uitleggen tussen gelijkspanning (DC) en wisselspanning (AC).

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4
Onthouden	1a, 2, 4	1b, 3, 5, 6, 8abc, 13cd	1cde, 7	16ab
Begrijpen	13e	12b, 13ad	9ab, 10abcd, 11abcd, 14ab, 15a,	16d, 17
Toepassen		12ac	15b	
Analyseren				

Alle opdrachten zijn ingedeeld volgens de taxonomie van Bloom: Onthouden, Begrijpen, Toepassen, Analyseren. De opdrachten zijn gekoppeld aan de leerdoelen.

Paf! Rafael heeft kortsluiting gemaakt. In de achterkamer en in de keuken valt de elektriciteit uit. Maar hoe kan het dat de lampen in de voorkamer gewoon blijven branden?

DE HUISINSTALLATIE

Door elk woonhuis loopt een netwerk van elektriciteitsdraden: de **huisinstallatie**. In figuur 1 zie je hoe de hoofdleiding bij de voordeur het huis binnenkomt. Na de **kilowattuurmeter** (kWh-meter) splitst de leiding zich in verschillende groepen. In de meeste huizen heb je vier tot zes groepen. In figuur 1 zijn voor de duidelijkheid maar twee groepen getekend.

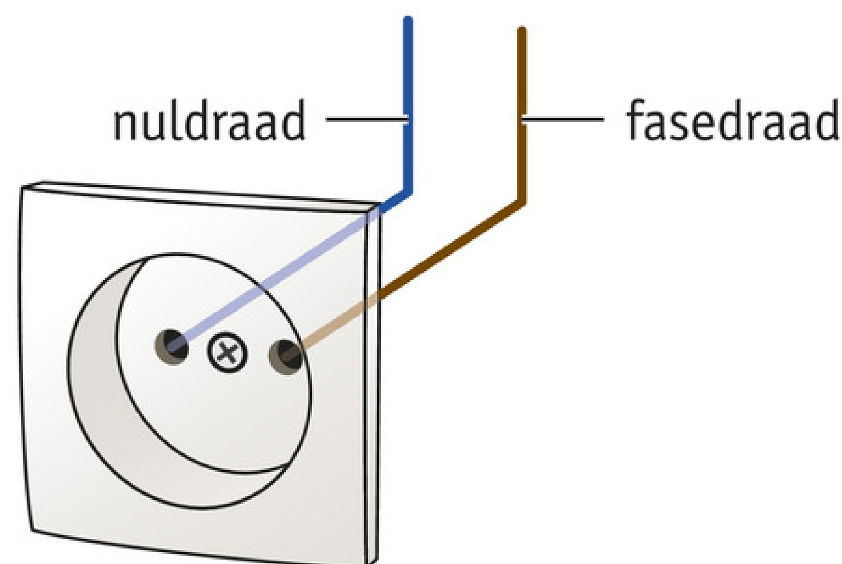


figuur 1 Een deel van de huisinstallatie.

De stopcontacten en lichtpunten van een groep zijn allemaal parallel geschakeld. Elke groep heeft een **groepsschakelaar** waarmee je de spanning van de stopcontacten en lichtpunten af kunt halen. Ook heeft elke groep een eigen **zekering**.

FASEDRAAD EN NULDRAAD

Voor elk stopcontact en elk lichtpunt is er een aparte vertakking. In figuur 2 zie je een voorbeeld van zo'n vertakking. Naar het stopcontact lopen twee draden. Deze draden zijn gemaakt van koper, met pvc (een kunststof) als isolatie. De ene draad heeft een bruine isolatielaag: dit is de **fasedraad**. De andere draad heeft een blauwe isolatielaag: dit is de **nuldraad**.

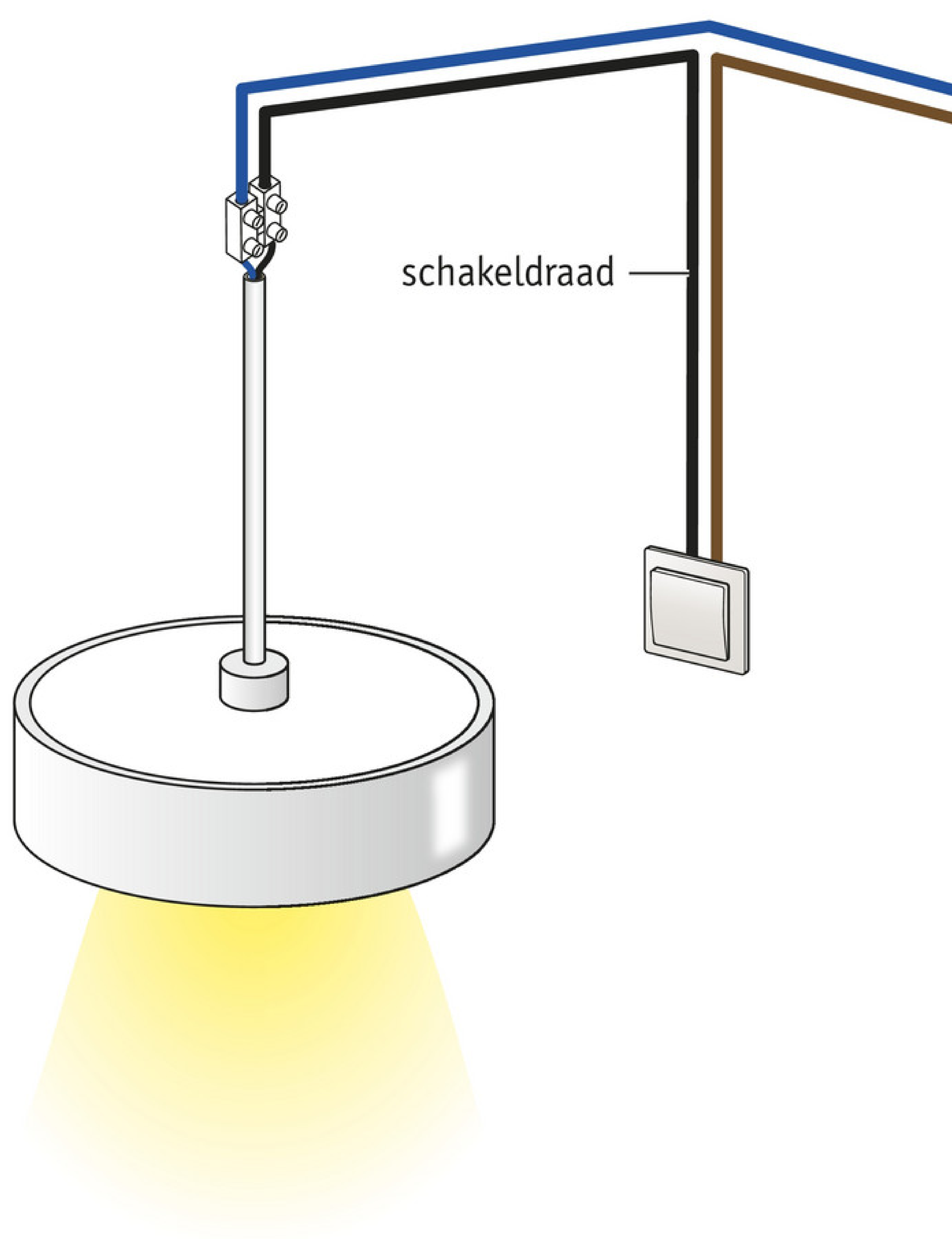


figuur 2 Zo sluit je een stopcontact aan.

Op de (bruine) fasedraad staat een spanning van 230 volt. Je moet het koper van deze draad beslist niet aanraken. Als je dat wel doet, loopt er een elektrische stroom door je lichaam: je krijgt een schok.

Op de (blauwe) nuldraad staat normaal gesproken geen spanning. Hij wordt gebruikt om de stroomkring te sluiten. Toch moet je het koper in een blauwe draad ook niet zomaar aanraken. Iemand kan de bruine en de blauwe draad per ongeluk hebben omgewisseld. Schakel dus altijd de spanning uit voordat je de draden aansluit of loshaalt.

In figuur 3 is getekend hoe je een hanglamp aansluit. Van de schakelaar naar de lamp loopt een zwarte draad: de **schakeldraad**. Op de schakeldraad staat alleen spanning als de schakelaar in de AAN-stand staat.



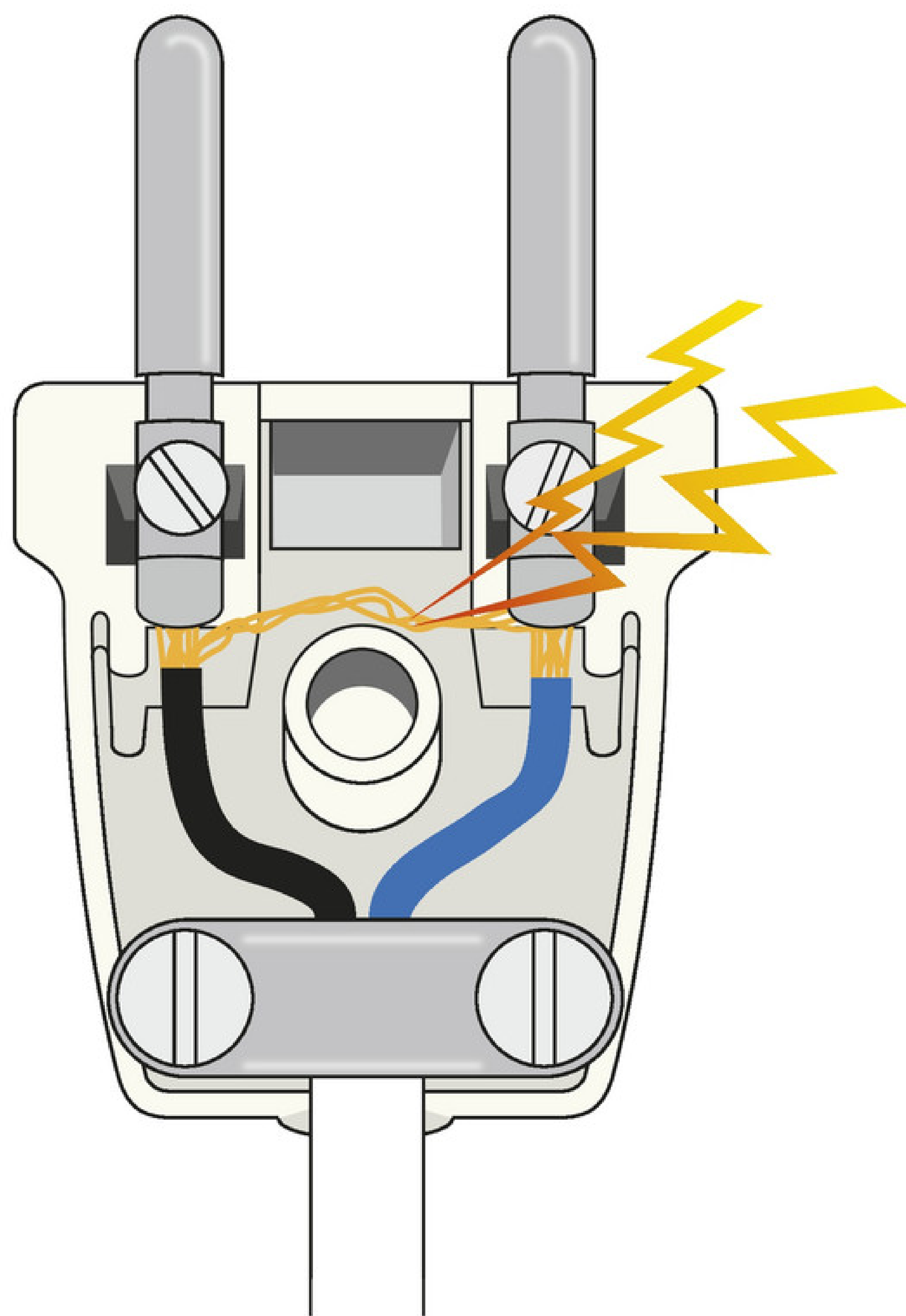
figuur 3 Zo sluit je een hanglamp aan.

KORTSLUITING

Elektriciteitsdraden worden gemaakt van dik, goed geleidend koperdraad. De stroom gaat er gemakkelijk doorheen. Je zegt dan dat de draden een kleine **weerstand** hebben. Dat geldt ook voor het koperdraad in het snoer van een apparaat.

Een elektrisch apparaat heeft een veel grotere weerstand. Daarmee vergeleken is de weerstand van de aansluitdraden te verwaarlozen. De weerstand van het apparaat bepaalt dus hoe gemakkelijk de stroom erdoorheen kan gaan. Hoe groter de weerstand van het apparaat is, hoe kleiner de stroomsterkte.

Elektrische apparaten zijn zó ontworpen dat de stroomsterkte niet te groot kan worden. Dat verandert als er in het apparaat **kortsluiting** ontstaat. De stroom kan dan een andere weg nemen, met een kleinere weerstand. In figuur 4 zie je een voorbeeld. In de stekker raken de koperdraden elkaar. Daardoor is er een stroomkring ontstaan met een heel kleine weerstand. Als je de stekker in het stopcontact steekt, wordt de stroomsterkte veel te groot.



figuur 4 Kortsluiting in een stekker.

OVERBELASTING

Er mogen niet te veel apparaten tegelijk op één groep worden aangesloten. In dat geval wordt de totale stroomsterkte te groot. Er ontstaat **overbelasting**; de leidingen van de meterkast naar de vertakkingen en weer terug moeten dan te veel stroom verwerken.

De totale stroomsterkte in één groep mag niet groter worden dan 16 A. Dat is de grootste waarde die nog veilig is. Het koperdraad in de elektriciteitsleidingen is op deze stroomsterkte berekend. Als de stroomsterkte stijgt tot boven 16 A, wordt het koperdraad te heet en ontstaat er brandgevaar.

EXTRA WISSELSPANNING

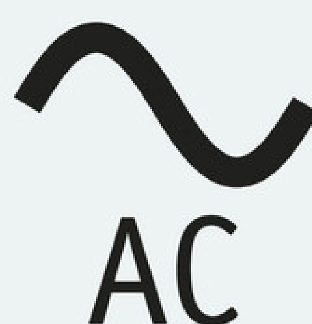
Een batterij of een accu levert steeds dezelfde spanning. De spanning verandert niet, zolang de batterij of accu niet 'leeg' begint te raken. Zo'n constante spanning noem je een gelijkspanning. Op apparaten wordt vaak de Engelse afkorting gebruikt: DC = *direct current*.

Het lichtnet levert een spanning die juist wel steeds verandert. De spanning golft voortdurend op en neer, in een patroon dat zich vijftig keer per seconde herhaalt. Zo'n spanning heet een wisselspanning. Ook hiervoor bestaat een afkorting in het Engels: AC = *alternating current*. In figuur 5 zie je de symbolen voor gelijkspanning en wisselspanning.

figuur 5 De symbolen van gelijkspanning (links) en wisselspanning (rechts).



symbool voor gelijkspanning



symbool voor wisselspanning

Het maakt niet uit of je een lamp aansluit op het lichtnet of op een constante spanning (gelijkspanning) van 230 V. In beide gevallen geeft de lamp evenveel licht. Daarom zeg je dat de 'effectieve spanning' van het lichtnet 230 V is.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

Elke paragraaf heeft opdrachten die leerlingen helpen de leerstof te verwerken. Onder het kopje LEERSTOF staan opdrachten gericht op reproductie.

LEERSTOF

1 Zijn de beweringen waar of onwaar?

- **a** In een groepenkast heeft elke groep een eigen zekering. *waar / onwaar*
- **b** Elektriciteitsdraden worden van koper gemaakt. *waar / onwaar*
- **c** Overbelasting en kortsluiting zijn precies hetzelfde. *waar / onwaar*
- **d** Hoe groter de weerstand van een apparaat is, hoe groter de stroomsterkte (als het apparaat aanstaat). *waar / onwaar*
- **e** Het koperdraad in snoeren en elektriciteitsdraden heeft een heel grote weerstand. *waar / onwaar*

2 Hoe zijn de stopcontacten en lichtpunten van een groep geschakeld?

○ A Stopcontacten en lichtpunten zijn altijd in serie geschakeld.
○ B Stopcontacten en lichtpunten zijn altijd parallel geschakeld.
○ C Stopcontacten zijn in serie geschakeld en lichtpunten parallel.
○ D Stopcontacten zijn parallel geschakeld en lichtpunten in serie.

3 Naar een stopcontact lopen altijd twee draden.
Welke twee draden zijn dat?

○ A een fasedraad en een nuldraad
○ B een schakeldraad en een fasedraad
○ C een schakeldraad en een nuldraad

4 Elke groep in een huisinstallatie heeft een eigen groepsschakelaar.
Wat kun je met de groepsschakelaar doen?

○ A Met de groepsschakelaar kun je de stopcontacten en de lichtpunten in het hele huis spanningsloos maken.
○ B Met de groepsschakelaar kun je alleen de stopcontacten in het hele huis spanningsloos maken.
○ C Met de groepsschakelaar kun je de stopcontacten en de lichtpunten in de groep tegelijk spanningsloos maken.
○ D Met de groepsschakelaar kun je alleen de stopcontacten in de groep spanningsloos maken.
○ E Met de groepsschakelaar kun je alleen de lichtpunten in de groep spanningsloos maken.

5 Welke omschrijving hoort bij een fasedraad?

○ A De draad is blauw en er staat soms wel en soms geen spanning op.
○ B De draad is blauw en er staat normaal gesproken 230 V op.
○ C De draad is bruin en er staat soms wel en soms geen spanning op.
○ D De draad is bruin en er staat normaal gesproken 230 V op.

6 Bij het aansluiten van een lamp wordt een schakeldraad gebruikt.
Welke bewering over de spanning op de schakeldraad is waar?

○ A Er staat altijd spanning op de schakeldraad.
○ B Er staat alleen spanning op de schakeldraad als de schakelaar in de AAN-stand staat.
○ C Er staat alleen spanning op de schakeldraad als de schakelaar in de UIT-stand staat.
○ D Er staat nooit spanning op de schakeldraad.

7 De stroomsterkte kan in een groep soms veel te groot worden.
Wanneer gebeurt dat?

○ A wel bij kortsluiting, niet bij overbelasting
○ B wel bij overbelasting, niet bij kortsluiting
○ C zowel bij kortsluiting als bij overbelasting

8 Vul in.

a De kleur van de fasedraad is ....

b De kleur van de nuldraad is ....

c De kleur van de schakeldraad is ....

Waar mogelijk is bij de online opdrachten specifieke feedback toegevoegd. Maakt een leerling de opdracht fout, dan leert hij ook waarom het gegeven antwoord niet juist is. Dat creëert een belangrijk extra leermoment.

1.2 Vermogen en energie | Opdrachten

Opdracht 3

Antons rekenmachine werkt op een batterij van 1,5 V; de stroomsterkte is 0,080 mA.

a. Bereken het vermogen van de rekenmachine.

4

✓ Goed ~ Gedeeltelijk × Niet goed

Voorbeeldantwoord

U = 1,5 V, I = 0,080 mA = 0,000 080 A, P = ?
$P = U \cdot I$ = 1,5 × 0,000 080 = 0,000 12 W = 0,12 mW

TOEPASSING

De opdrachten onder het kopje TOEPASSING zijn gericht op het toepassen van de theorie. Ook doen ze een beroep op het inzicht van de leerlingen.

9

a Leg uit wat er gebeurt bij kortsluiting.

....

....

....

b Leg uit wat er gebeurt bij overbelasting.

....

....

....

10

Tjarda wil tv kijken. Ze drukt op de schakelaar van de tv. De tv gaat niet aan. Dat kan verschillende oorzaken hebben.
Wat zou er aan de hand kunnen zijn:

a met de tv?

....

b met een groepsschakelaar in de meterkast?

....

c met een van de zekeringen in de meterkast?

....

d met het elektriciteitsnet in Tjarda's wijk?

....

11

Amy's bureaulamp doet het niet. Amy wil nagaan wat de oorzaak is.

a Eerst kijkt ze naar buiten. Overal in de straat branden er al lampen in de huizen. Welke mogelijke oorzaak kan ze dus uitsluiten?

....

b Amy doet de plafondlamp aan. Die brandt meteen. Welke twee oorzaken kan ze dus ook uitsluiten?

....

....

c Welke mogelijkheid is er nu nog over?

....

d Hoe kan Amy testen of dit echt de oorzaak is?

....



12 In figuur 6 is een spanningzoeker getekend. Met dit apparaat kun je testen of er spanning op een draad staat. Als dat zo is, gaat het neonlampje branden. Er loopt dan een kleine, ongevaarlijke stroom door je lichaam.

a Teken hoe de stroom door de spanningzoeker en je lichaam loopt.

b De spanningzoeker is gedeeltelijk van een isolerend (niet-geleidend) materiaal gemaakt. Kleur de delen die de stroom niet geleiden, blauw.

c Heeft de spanningzoeker een grote of juist een kleine weerstand? Licht je antwoord toe.

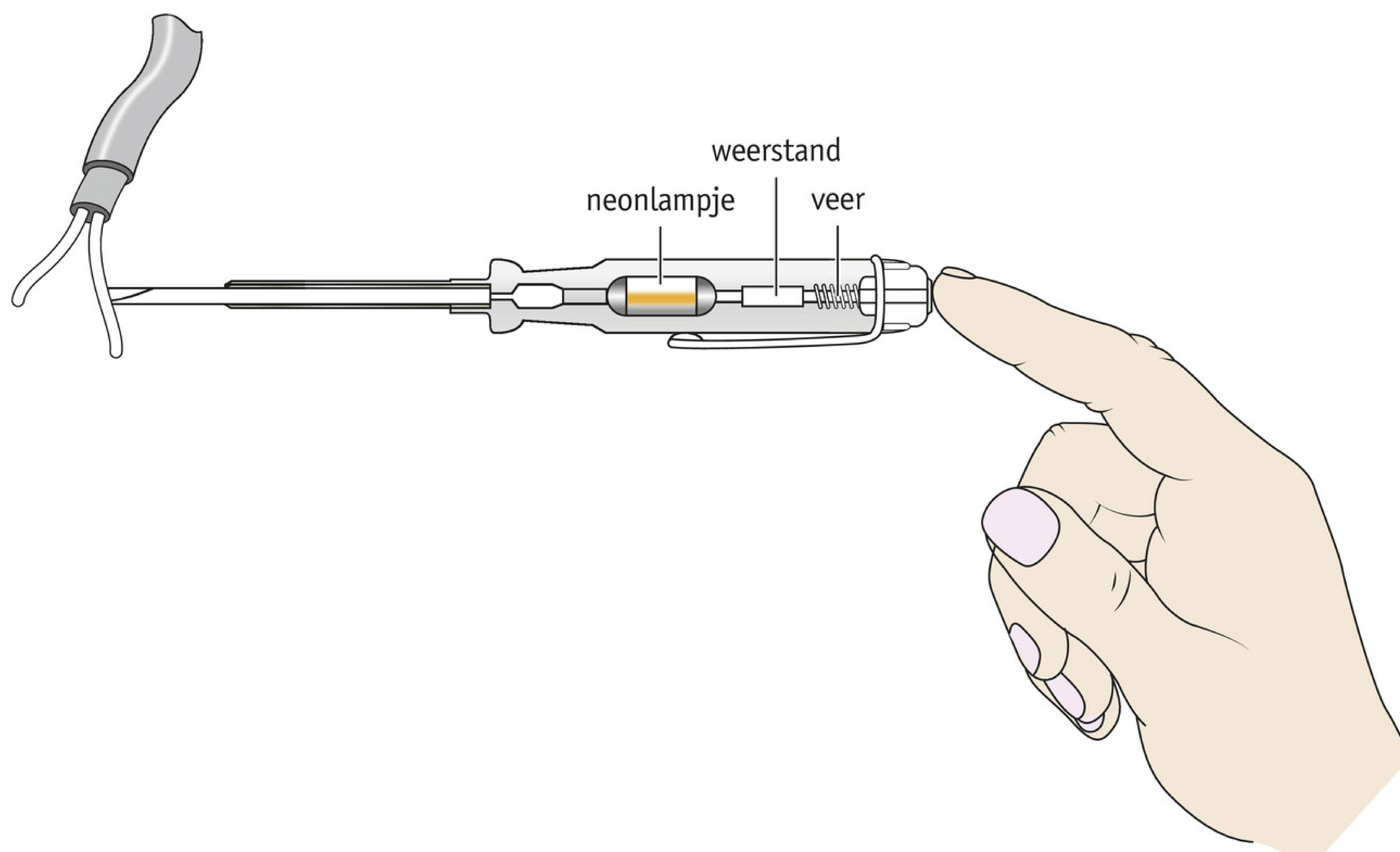
De opdrachten met dit icoontje, de boekopdrachten, kun je het beste in het boek maken in plaats van online.

....

....

....

....



figuur 6 Een draad testen met een spanningzoeker.

13 Herman wil een ouderwetse lamp die in de huiskamer aan het plafond hangt vervangen door een moderne. Daarvoor moet hij de draden van de lamp losmaken van de installatiedraden in het lichtpunt.

a Welke twee kleuren hebben de installatiedraden in het lichtpunt?

- ☐ A blauw
- ☐ B bruin
- ☐ C zwart

b Op welke draad staat normaal gesproken spanning als de lamp uit is?

....

c Op welke draad staat normaal gesproken spanning als de lamp aan is?

....

d Leg uit of er spanning op die draad staat als de lamp tijdens het branden plotseling kapotgaat.

....

....

e Welke veiligheidsmaatregelen moet Herman treffen voor hij aan het werk gaat?

....

14

Salifa gebruikt een kroonsteentje om een nieuwe hanglamp aan te sluiten op het lichtpunt in het plafond (figuur 7a). Ze moet de vier draden één voor één aansluiten. Eerst haalt ze een stukje isolatie van elke draad af. Daarna steekt ze het uiteinde van de draad in het kroonsteentje en schroeft de draad vast.
Leg uit wat er fout kan gaan:

a als je te veel draadisolatie weghaalt (figuur 7b);

....

....

....

....

....

....

b als je te weinig draadisolatie weghaalt (figuur 7c).

....

....

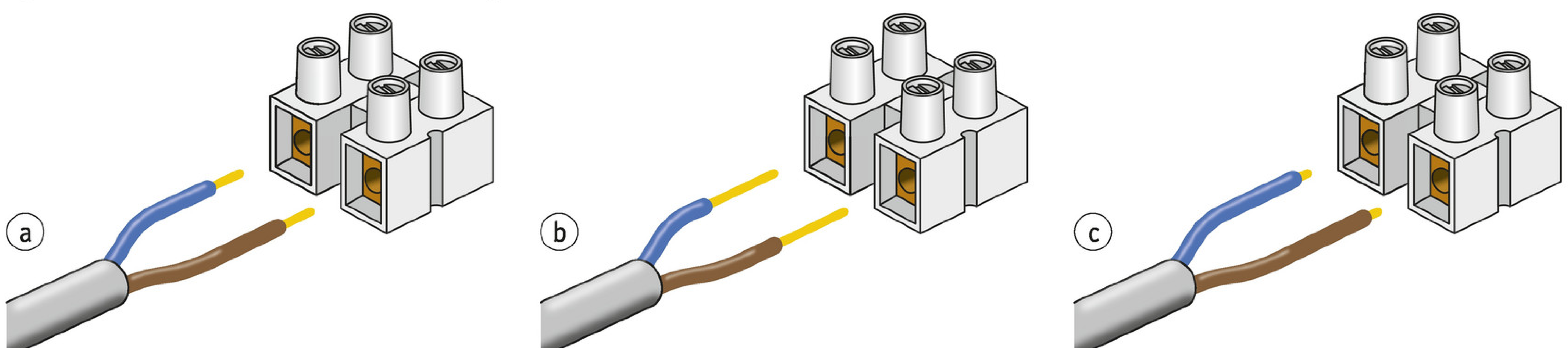
....

....

....

....

figuur 7 Aansluiten met een kroonsteentje.



Werken als installateur beroep

Martin (32 jaar) werkt bij een installatiebedrijf. Na het halen van zijn diploma vmbo-k is hij naar het mbo gegaan. Daar heeft hij een opleiding gedaan tot Eerste Monteur Elektrotechnische Installaties. Soms werkt hij in nieuwbouwprojecten. Daar geeft hij dan leiding aan enkele collega's. Maar meestal doet hij klussen bij mensen thuis. Dat laatste vindt hij het leukst, omdat hij dan persoonlijk contact heeft met de klanten.



Leerlingen maken kennis met verschillende beroepen en maken vragen die gekoppeld zijn aan dat beroep.

15 Lees de tekst 'Werken als installateur'. Martin werkt bij een installatiebedrijf. Tina, een van zijn klanten, wil een bijkeuken bij haar huis laten aanbouwen. Daar wil ze een wasmachine, een wasdroger en een diepvriezer plaatsen. Martin zegt tegen haar dat hij de huisinstallatie hiervoor moet uitbreiden.

a Leg uit wat er fout gaat als de bijkeuken wordt aangesloten op de bestaande huisinstallatie.

....

....

....

....

b Wat voor advies zal Martin aan Tina geven over de huisinstallatie?

....

....

....

....

EXTRA WISSELSPANNING

16 Beantwoord de volgende vragen.

a Wat wordt bedoeld met gelijkspanning?

....

b Teken het symbool voor gelijkspanning.

c Met welke Engelse afkorting wordt gelijkspanning vaak aangeduid?

....

d Wat wordt bedoeld met wisselspanning?

....

e Teken het symbool voor wisselspanning.

f Met welke Engelse afkorting wordt wisselspanning vaak aangeduid?

....

17 In figuur 8 zie je een deel van het typeplaatje van een adapter. Zo'n adapter zet de netspanning om in een (veel lagere) spanning voor een apparaat.

a Noteer drie apparaten die je via een adapter op het lichtnet aansluit.

....

....

b Op wat voor spanning moet je de adapter van figuur 8 aansluiten? Waaraan zie je dat?

....

....

c Leg uit of je deze adapter ook in Nederland kunt gebruiken.

....

....

d Wat voor spanning levert de adapter aan het apparaat? Waaraan zie je dat?

....

....

ZETA ELECTRONICS INC.
POWER ADAPTER
HP P C7690-84201
INPUT: 220-240 V AC 50-60 Hz
OUTPUT: 9 V DC
TOTAL OUTPUT POWER: 15 W

MADE IN CHINA 201307

figuur 8 Het typeplaatje van een adapter.

In de *Test Jezelf* zijn de vragen gekoppeld aan de nieuwe leerdoelen en herschreven voor een juiste koppeling met de leerdoelen.

Test Jezelf

Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Vermogen en energie

LEERDOELEN

1.3.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het vermogen van een apparaat.
1.3.2 Je kunt berekeningen uitvoeren met spanning, stroomsterkte en vermogen.
1.3.3 Je kunt uitleggen hoe het verbruik van elektrische energie in huis wordt gemeten.
1.3.4 Je kunt het energieverbruik van elektrische apparaten berekenen in kWh.
1.3.5 Je kunt berekenen hoeveel je voor verbruikte elektrische energie moet betalen.
EXTRA 1.3.6 Je kunt beschrijven welke grootheden je af kunt lezen op een energiemeter.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.3.4	1.3.5	1.3.6
Onthouden	1ab	2, 4	5	3	12efgh	13, 14ac
Begrijpen	6d, 9b, 11a, 12a			9c		14bd
Toepassen	10ab	6abc, 7abcd, 8, 9a		11c, 12bcd		
Analyseren	10c, 11b					

Er zijn allerlei activiteiten waar je elektrische energie voor nodig hebt: gamen, informatie op internet zoeken, theezetten, muziek luisteren, je haar föhnen, appen, de was doen. Hoeveel elektrische energie verbruik jij eigenlijk?

HET VERMOGEN VAN EEN APPARAAT

Op elk elektrisch apparaat staat aangegeven hoeveel elektrische energie het per seconde verbruikt (figuur 1). Dit noem je het **vermogen** van het apparaat. De eenheid van vermogen is de watt (W). Apparaten met een klein vermogen verbruiken per seconde weinig elektrische energie. Apparaten met een groot vermogen verbruiken per seconde veel elektrische energie.



figuur 1 Hoe groot is het vermogen van deze ledlamp?

In tabel 1 staat het vermogen van enkele veelgebruikte apparaten. Het gaat om doorsnee modellen die overal te koop zijn. Het vermogen staat meestal vermeld op het typeplaatje (figuur 2).

tabel 1 Het vermogen van enkele elektrische apparaten.

apparaat	vermogen
elektrische wekker	2 W
bureaulamp met ledlamp	3 W
mixer	350 W
klopboor	700 W
magnetron	1000 W
koffiemachine	1500 W
föhn	2000 W



figuur 2 Het typeplaatje van een broodrooster.

HET VERMOGEN VAN EEN APPARAAT BEREKENEN

PROEF 5

Het vermogen van een apparaat hangt af van de spanning waarop het apparaat werkt en de stroomsterkte die door het apparaat loopt.

Je kunt het vermogen berekenen met de formule:

vermogen = spanning × stroomsterkte

Of in symbolen:

$P = U \cdot I$

In deze formule is:
- P het vermogen van het apparaat in watt (W);
- U de spanning over het apparaat in volt (V);
- I de stroomsterkte door het apparaat in ampère (A).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Op het lampje van een zaklamp staat: 2,2 V en 50 mA.
Hoe groot is het vermogen van dit lampje als je het op de juiste spanning aansluit?

gegevens $U = 2{,}2$ V
$I = 50$ mA $= 0{,}050$ A

gevraagd $P = ?$

uitwerking $P = U \cdot I = 2{,}2 \times 0{,}050 = 0{,}11$ W

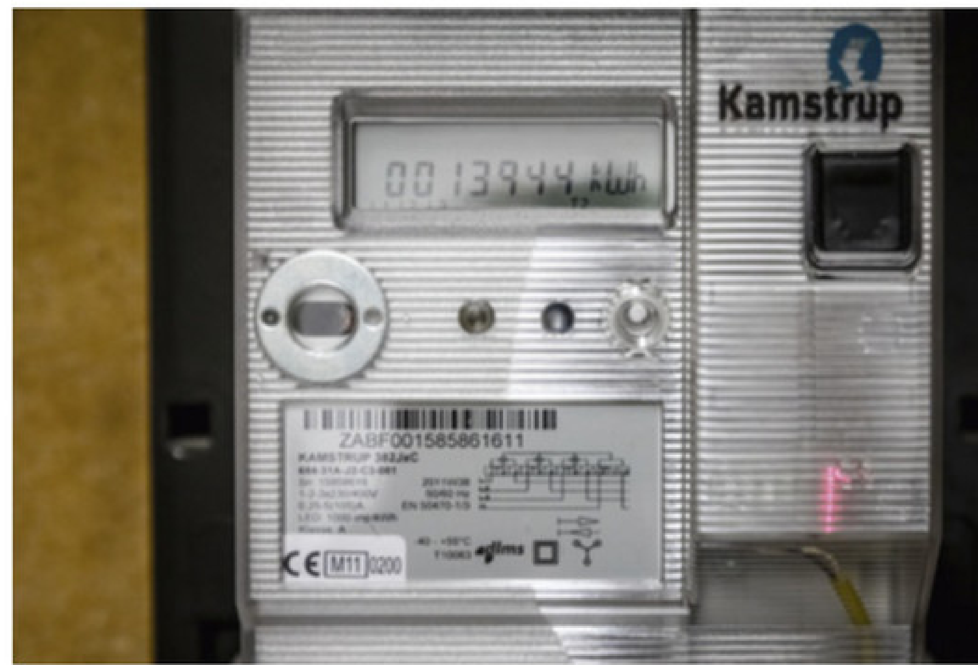
HET ENERGIEVERBRUIK METEN

Elektrische energie is niet gratis. Je moet ervoor betalen. Daarom is in elk huis een meter geplaatst (figuur 3). Deze meter houdt bij hoeveel elektrische energie alle elektrische apparaten samen verbruiken. Die hoeveelheid elektrische energie wordt gemeten in de eenheid kilowattuur (kWh). Daarom noem je zo'n meter een kilowattuurmeter (kWh-meter).

figuur 3 Een kWh-meter meet het verbruik van elektrische energie.



a een oud model kWh-meter



b een digitale kWh-meter

De prijs van 1 kWh elektrische energie is ongeveer € 0,23. Als je de meterstand aan het begin en aan het eind van het jaar noteert, kun je dus uitrekenen hoeveel geld je kwijt bent aan elektrische energie. In 2019 lag het gemiddelde jaarverbruik van een gezin van vier personen op 4200 kWh.

Steeds meer mensen hebben een 'slimme meter' in huis. Dat is een digitale meter waarmee het energiebedrijf de meterstanden op afstand kan aflezen. De slimme meter kun je koppelen aan een pc of een display, waarop je direct het verbruik kunt zien. Dat is nuttige informatie als je wilt besparen op je energieverbruik.

HET ENERGIEVERBRUIK BEREKENEN

Je kunt ook uitrekenen hoeveel elektrische energie een apparaat heeft verbruikt. Daarvoor moet je twee dingen weten: het vermogen van het apparaat en de tijd die het heeft aangestaan. Je kunt het **energieverbruik** dan berekenen met de formule:

energieverbruik = vermogen × tijd

Of in symbolen:

$$E = P \cdot t$$

In deze formule is:

- E de hoeveelheid verbruikte elektrische energie in kilowattuur (kWh);
- P het vermogen van het apparaat in kilowatt (kW);
- t de tijd dat het apparaat heeft gewerkt in uur (h).

Als er verschillende apparaten gedurende dezelfde tijd aanstaan, mag je de vermogens van de apparaten bij elkaar optellen. Daarna kun je in één keer berekenen hoeveel elektrische energie ze samen hebben verbruikt.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Op een avond branden van 19.00 tot 22.00 uur twee lampen van 5 W. Bovendien staan een tv van 140 W en een computer van 250 W aan (figuur 4).
Bereken het energieverbruik van al deze apparaten samen.

gegevens P = 10 W + 140 W + 250 W = 400 W = 0,4 kWh
t = 3 h

gevraagd E = ?

uitwerking $E = P \cdot t$ = 0,4 × 3 = 1,2 kWh

In de voorbeeldopdrachten leren leerlingen een gestructureerde aanpak om berekeningen te maken.

VOORBEELDOPDRACHT 3

Bereken hoeveel je moet betalen voor de verbruikte elektrische energie in voorbeeldopdracht 2 als 1 kWh € 0,23 kost.

gegevens E = 1,2 kWh
prijs 1 kWh = € 0,23

gevraagd kosten = ?

uitwerking kosten: 1,2 × € 0,23 = € 0,28



figuur 4 Elektrische energie is onmisbaar.

EXTRA DE ENERGIEMETER

Veel apparaten hebben een vermogen dat kan veranderen. Denk bijvoorbeeld aan een wasmachine. Tijdens het wassen worden de waterpomp, de verwarmingselementen en de elektromotor om de beurt aan- en uitgezet. Het vermogen van de wasmachine verandert daardoor steeds: de ene keer wordt het groter, de andere keer kleiner.

Op het typeplaatje van een wasmachine staat alleen het maximaal vermogen vermeld. Dat is het grootste vermogen dat kan voorkomen. Als je het energieverbruik uitrekent met dit vermogen, is de uitkomst veel te hoog. Om het echte energieverbruik te vinden, moet je rekening houden met alle verschillende vermogens.



figuur 5 Zo kun je het energieverbruik van een wasmachine meten.

Gelukkig is er een handige energiemeter in de handel die het energieverbruik automatisch berekent. Je steekt de meter in een stopcontact. Het apparaat waarvan je het energieverbruik wilt weten sluit je erop aan (figuur 5). Op het display verschijnen dan de spanning, de stroomsterkte, het vermogen, het totale elektrische energieverbruik, de kosten en de tijd waarover deze gegevens zijn berekend.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Het vermogen van een elektrisch apparaat wordt bepaald door twee dingen:

a de .... waarop het apparaat werkt;

b de .... die door het apparaat loopt.

2 Hoe bereken je het vermogen van een elektrisch apparaat?

- ○ A door de energie en de stroomsterkte met elkaar te vermenigvuldigen
- ○ B door de energie en de tijd met elkaar te vermenigvuldigen
- ○ C door de spanning en de stroomsterkte met elkaar te vermenigvuldigen
- ○ D door de spanning en de tijd met elkaar te vermenigvuldigen

3 Hoe bereken je het energieverbruik van een elektrisch apparaat?

- ○ A door de spanning te vermenigvuldigen met de tijd
- ○ B door de spanning te vermenigvuldigen met de stroomsterkte
- ○ C door het vermogen te vermenigvuldigen met de tijd
- ○ D door het vermogen te vermenigvuldigen met de stroomsterkte

4 In tabel 2 zie je een overzicht van alle grootheden en eenheden die in dit hoofdstuk worden gebruikt.
Noteer de ontbrekende woorden en symbolen in de tabel.

tabel 2 Grootheden en eenheden.

grootheid	letter	eenheid	letter
spanning			
		ampère	
	P		
			kWh

5 Het apparaat waarmee je de hoeveelheid energie meet die in een huis wordt verbruikt,

heet een .... of afgekort ....

TOEPASSING

6 Bekijk de drie lampjes in figuur 6.

a Bereken het vermogen van het bovenste lampje als het op de juiste spanning brandt.

....

....

....

....

....

b Bereken het vermogen van het middelste lampje als het op de juiste spanning brandt.

....

....

....

....

....

c Bereken het vermogen van het onderste lampje als het op de juiste spanning brandt.

....

....

....

....

....

d Welk lampje geeft het meeste licht als het op de juiste spanning brandt?

....

....

....

....



figuur 6 Drie lampjes.

7 Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Op groep 2 van een huisinstallatie (230 V) zijn de volgende apparaten aangesloten:

- een strijkijzer van 1200 watt;
- een wasmachine van 2200 watt;
- een tv van 200 watt.

a Bereken de stroomsterkte door het strijkijzer.

....

....

....

....

b Bereken de stroomsterkte door de wasmachine.

....

....

....

....

c Bereken de stroomsterkte door de tv.

....

....

....

....

d Bereken de totale stroomsterkte in groep 2 als alle drie apparaten aanstaan.

....

....

....

....

....

8

Hakim doet een proef met een verwarmingselement. Dat is een stuk weerstandsdraad dat met plastic is geïsoleerd. Met zo'n element kun je het water in een bekerglas verwarmen. In figuur 7 zie je Hakims proefopstelling. De spanningsmeter geeft 11,5 V aan, de stroommeter 1,9 A.
Bereken het vermogen van het verwarmingselement. Rond af op een geheel getal.

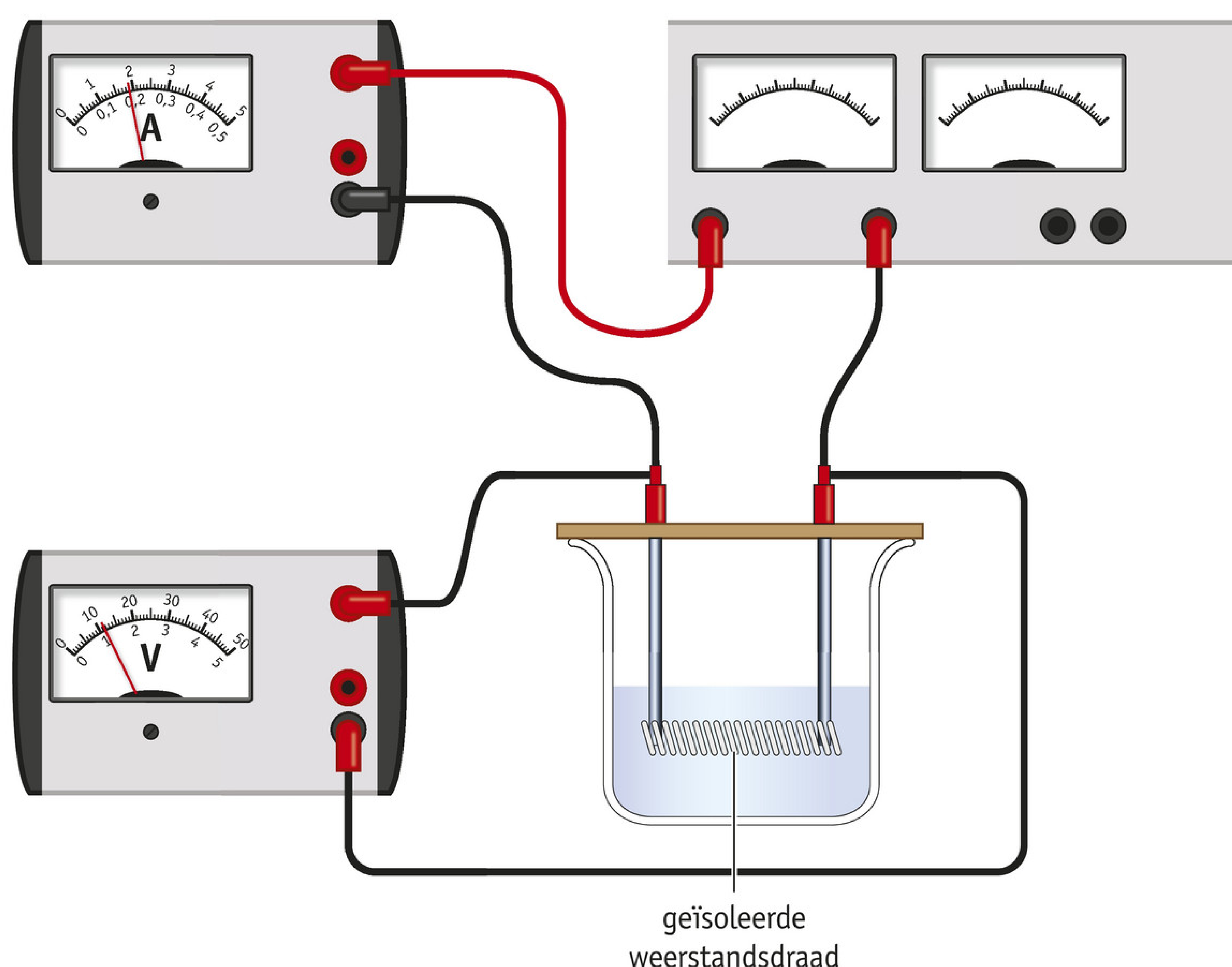
....

....

....

....

....



figuur 7 Hakims proefopstelling.

9

Hakim doet dezelfde proef nog een keer, maar nu met een ander verwarmingselement. Hij regelt de spanning weer precies op 11,5 V. De stroommeter wijst nu 1,0 A aan.

a Bij welke proef wordt het grootste vermogen geleverd?
- ○ A bij de eerste proef (opdracht 8)
- ○ B bij de tweede proef (opdracht 9)

b Bij welke proef is de stroomsterkte het grootst?
- ○ A bij de eerste proef (opdracht 8)
- ○ B bij de tweede proef (opdracht 9)

c Bij welke proef duurt het verwarmen het langst?
- ○ A bij de eerste proef (opdracht 8)
- ○ B bij de tweede proef (opdracht 9)

10 In het woonhuis van een gemiddeld gezin staan altijd wel elektrische apparaten aan. Het vermogen van al deze apparaten samen noem je het 'totale aangesloten vermogen'. In de grafiek van figuur 8 zie je hoe dit vermogen in de loop van de dag verandert.

a Wanneer wordt in de winter het grootste vermogen afgenomen? Hoe groot is dat vermogen?

....

....

b Wanneer wordt in de zomer het grootste vermogen afgenomen? Hoe groot is dat vermogen?

....

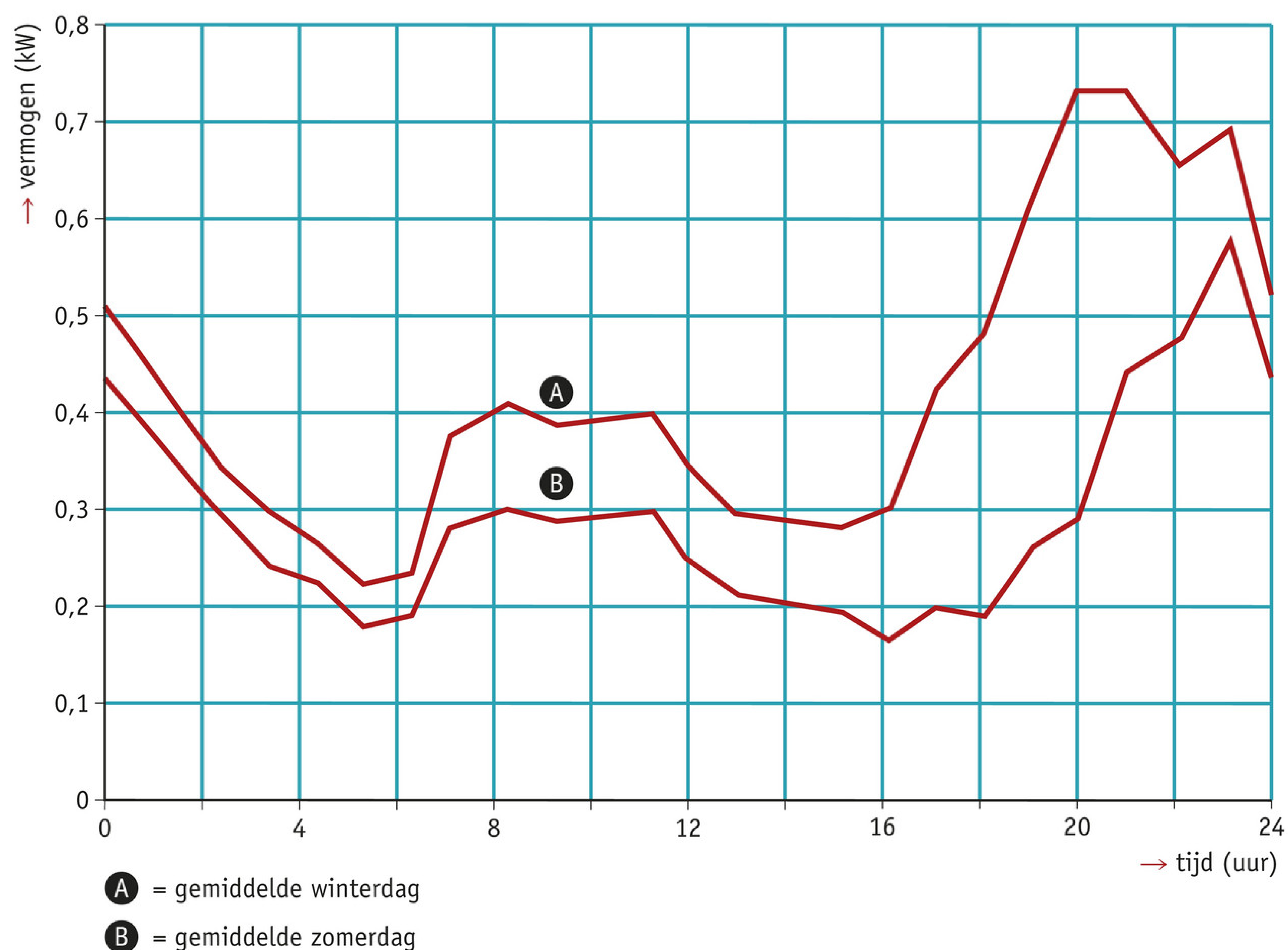
....

c In de zomer worden alle klokken een uur vooruitgezet. Daardoor lijkt het alsof het 's avonds langer licht is. Dit wordt de zomertijd genoemd.
Door het invoeren van de zomertijd wordt er in Nederland minder elektrische energie verbruikt. Hoe komt dat?

....

....

....



Figuur 8 Het aangesloten vermogen gaat flink op en neer.

Ga er bij opdracht 11 en 12 van uit dat je voor 1 kWh € 0,23 moet betalen.

11 Johan wil nieuwe lampen kopen. Op een website van een lampenleverancier ziet hij een vergelijking van een spaarlamp met een ledlamp (tabel 3).

a Welke lamp is het zuinigst met elektrische energie? Waaraan zie je dat?

....

....

....

b In de kolom ‘vermogen’ staat: 4,3 watt = 40 watt.
Leg uit wat dat betekent.

....

....

....

c Johan wil weten hoeveel zijn energiekosten lager zijn als hij de ledlamp koopt in plaats van de spaarlamp.
Toon met een berekening aan dat Johan per 1000 branduren 3,7 kWh aan energie bespaart als hij de ledlamp koopt.

....

....

....

d Bereken hoeveel geld Johan bespaart per 1000 branduren.

....

....

....

....

....

....

tabel 3 Vergelijking van een spaarlamp met een ledlamp.

	vermogen	lichtopbrengst	levensduur
spaarlamp	8 W = 40 W	455 lumen	10 000 uren
ledlamp	4,3 W = 40 W	470 lumen	> 20 000 uren

12 Een fabrikant heeft een tl-led op de markt gebracht. De ledlamp gaat automatisch aan als het donker wordt. Op de buis staat 22-58 W (figuur 9). Dit betekent dat deze lamp een oud type met een vermogen van 58 W vervangt.

a Hoeveel keer zuiniger in het gebruik is deze lamp in vergelijking met een lamp van 58 W?

....

b De ledlamp wordt buiten onder een carport aangebracht en brandt 8 uur per nacht. Bereken met de gegevens op de verpakking wat het energieverbruik van deze lamp per dag is.

....

....

....

....

c Hoe groot is het energieverbruik van de ledlamp per week?

....

....

....

d Hoe groot is het energieverbruik van de ledlamp per jaar?

....

....

....

....

....

....

e Bereken wat de energiekosten van de ledlamp per jaar zijn.

....

....

....

....

....

f Bereken van een lamp van 58 W de energiekosten per jaar als hij even lang zou branden.

....

....

g Hoeveel bespaar je per jaar aan energiekosten als je de oude lamp vervangt door de ledlamp?

....

h Ledlampen zijn een stuk duurder dan andere lampen. De lamp van 58 W kost € 2,98.
De ledlamp kost € 14,99.
Na hoeveel jaar heeft de eigenaar van de ledlamp de prijs terugverdiend?

....

....

....



figuur 9 Een tl-ledlamp.

EXTRA DE ENERGIEMETER

13 Op het display van een energiemeter staat informatie over zes grootheden.
Noteer in tabel 4 in welke eenheid de grootheid wordt gemeten.

tabel 4 De grootheden van een energiemeter.

grootheid	eenheid
spanning	
stroomsterkte	
vermogen	
tijd	
elektriciteitsverbruik	
kosten	

14 In figuur 10 zie je hoe het vermogen van een wasmachine verandert tijdens een wasbeurt.

a Welke onderdelen staan aan in fase 2?

....

b Hoe groot is het totale vermogen tijdens fase 2?

....

c Welke onderdelen staan aan in fase 3?

....

d Hoe groot is het totale vermogen tijdens fase 3?

....

Tijdens een wasbeurt is het vermogen van een wasmachine niet steeds even groot. Dat komt doordat een wasmachine niet steeds hetzelfde doet. Bij de ene activiteit is het vermogen veel groter dan bij de andere. Dat zie je ook in het volgende overzicht.

onderdeel	activiteit	vermogen
verwarmingselement	verwarmen	2000 W
motor (snel draaiend)	centrifugeren	600 W
motor (langzaam draaiend)	wassen / spoelen	200 W
pomp	pompen	100 W

Een wasbeurt van 46 minuten is in vier fasen ingedeeld:

- Fase 1 (0-1 min)
  De wasmachine wordt met water gevuld. Dit kost geen elektrische energie.
- Fase 2 (1-31 min)
  Het water en de was worden verwarmd tot 60 graden Celsius. Ondertussen wordt de hele tijd gewassen.
- Fase 3 (31-40 min)
  De was wordt gespoeld. Daarbij staat de pomp steeds aan.
- Fase 4 (40-46 min)
  De was wordt gecentrifugeerd. De motor van de wasmachine draait nu veel sneller dan tijdens het wassen en spoelen.



figuur 10 Het vermogen van een wasmachine.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Elektriciteit en veiligheid

LEERDOELEN

1.4.1 Je kunt beschrijven welke twee gevaren het gebruik van elektriciteit met zich meebrengt.
1.4.2 Je kunt uitleggen waarom je in vochtige ruimtes extra voorzichtig moet zijn met elektriciteit.
1.4.3 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met enkele isolatie en met dubbele isolatie.
1.4.4 Je kunt zekeringen, aardlekschakelaars en randaarde in afbeeldingen herkennen.
1.4.5 Je kunt de functie van zekeringen, aardlekschakelaars en randaarde beschrijven.
EXTRA 1.4.6 Je kunt uitleggen hoe de elektrische onderdelen in een auto zijn beveiligd.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4	1.4.5	1.4.6
					5	13ab
					9, 10ac, 12b	14b, 15c
						14a, 15ab
					10b	14c

EXTRA duidt op een specifiek leerdoel voor de snellere leerling. Zo kun je eenvoudig in tempo differentieren.

In keukens en badkamers gelden strenge veiligheidseisen voor stopcontacten en lichtpunten. Ook moeten de apparaten in deze ruimtes extra veiligheidsvoorzieningen hebben. Waarom is dat?

GEVAREN VAN ELEKTRICITEIT

Kortsluiting en overbelasting kunnen tot gevaarlijke situaties leiden. Als draden te veel stroom moeten verwerken, worden ze erg heet. Daardoor kan brand ontstaan.

Elektriciteit heeft nog een ander gevaar. Als je iets aanraakt waar spanning op staat, krijg je een schok (figuur 1). Er loopt dan stroom door je lichaam. Daardoor trekken je spieren samen. Hoe sterker de stroom is, des te ernstiger zijn de gevolgen. In tabel 1 staan de effecten van stroom op je lichaam.



figuur 1 Van een schrikdraad krijg je een korte en daardoor ongevaarlijke schok.

tabel 1 Het effect van stroom op je lichaam.

stroomsterkte	verschijnsel
1 mA	net te voelen
10 mA	prikkelende ervaring
15 mA	spiersamentrekking
15-100 mA	pijn, bewusteloosheid, moeite met ademhalen
100-500 mA	hartproblemen
meer dan 1 A	brandwonden, levensgevaar

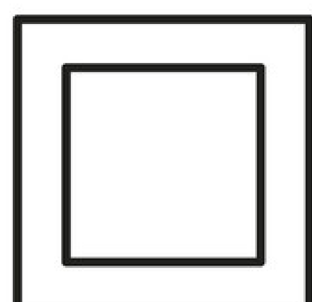
Hoeveel stroom je lichaam te verwerken krijgt, hangt af van de weerstand die de stroom ondervindt. Je lichaam zelf geleidt de stroom vrij goed; je lichaamsweerstand is niet zo groot. De stroom ondervindt de meeste weerstand op de plaatsen waar hij het lichaam in- en uitgaat. Dit noem je de contactweerstand.

Als je huid droog is, is de contactweerstand behoorlijk groot. Maar als je huid vochtig is, is de contactweerstand veel kleiner. In vochtige ruimtes moet je daarom extra voorzichtig zijn met elektriciteit.

ENKELE EN DUBBELE ISOLATIE

Draden waar stroom doorheen loopt, worden goed geïsoleerd. Dat voorkomt dat je een schok krijgt als je een van die draden beetpakt. De isolatie is ook nodig om kortsluiting te voorkomen.

Sommige elektrische apparaten worden zelfs dubbel geïsoleerd. De onderdelen waar de stroom doorheen loopt, krijgen een isolatielaag. Bovendien wordt de buitenkant van het apparaat van een niet-geleidende kunststof gemaakt. Die **dubbele isolatie** geeft extra veiligheid (figuur 2).



figuur 2 Het symbool voor dubbele isolatie.

ZEKERINGEN

De elektriciteitsleidingen in huis zijn beveiligd met zekeringen. Elke groep heeft een eigen zekering. Als de stroomsterkte in een groep te groot wordt, schakelt de zekering de stroom uit. De leidingen kunnen dan niet zo heet worden dat er brandgevaar ontstaat. De groepen in een doorsnee woonhuis kunnen maximaal een stroomsterkte van 16 A aan. Daarom worden er voor het beveiligen van die groepen zekeringen gebruikt die uitslaan als de stroomsterkte groter wordt dan die 16 A.

In een moderne huisinstallatie worden **installatieautomaten** gebruikt. Deze zekeringen hebben een hefboompje dat 'omklapt' als de stroomsterkte te groot wordt (figuur 3). Zo zie je meteen in welke groep de storing zit. Als de storing is opgelost, kun je de stroom weer inschakelen door het hefboompje over te halen.



figuur 3 Tien installatieautomaten op een rij. Drie automaten zijn uitgeschakeld.

Een **smeltveiligheid** is een ouderwets soort zekering. In oudere huizen kom je ze nog tegen. In een smeltveiligheid zit een dunne draad die gemakkelijk smelt. Een smeltveiligheid kan maar één keer de stroom uitschakelen. Daarna is ze kapot en moet je de smeltveiligheid vervangen door een nieuwe.

DE AARDLEKSCHAKELAAR

In de meterkast vind je behalve zekeringen ook een of meer **aardlekschakelaars** (figuur 4). Een aardlekschakelaar vergelijkt de stroom in de fasedraad met de stroom in de nuldraad. Als beide stroomsterktes even groot zijn, laat de aardlekschakelaar de stroom gewoon door.

Soms gebeurt het dat er ergens stroom ‘weglekt’, bijvoorbeeld doordat de isolatie van een apparaat kapot is. In dat geval zijn de stroom in de fasedraad en de stroom in de nuldraad niet even groot. Als het verschil groter is dan 30 mA, schakelt de aardlekschakelaar de spanning uit. Je kunt dan niet meer onder spanning komen te staan als je het kapotte apparaat aanraakt.

Een lekstroom is meestal te klein om een zekering door te laten slaan. De aardlekschakelaar geeft dus een extra beveiliging die zekeringen niet kunnen geven.



figuur 4 Met de testknop kun je controleren of de aardlekschakelaar goed werkt.

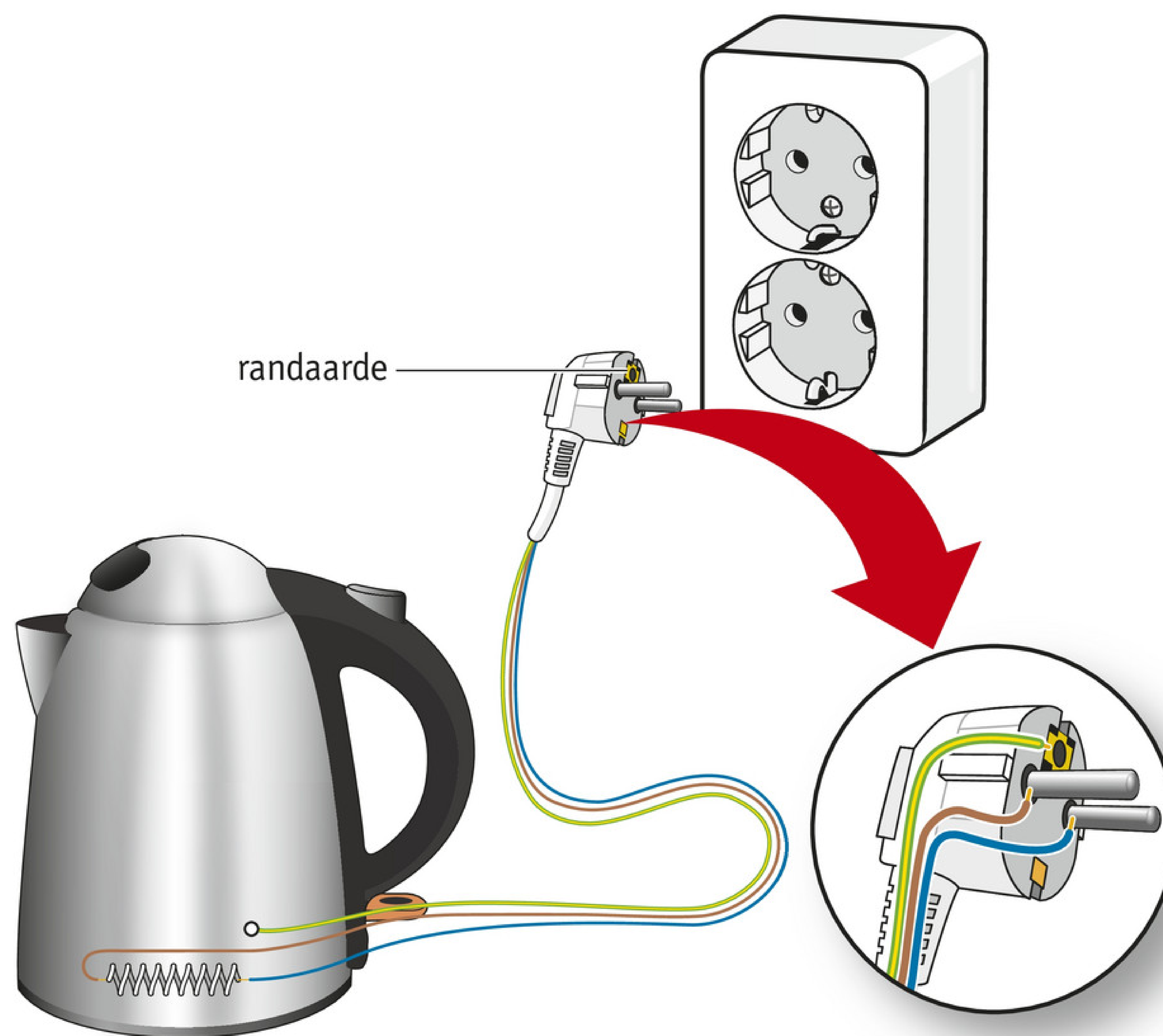
RANDAARDE

Sommige apparaten hebben een metalen buitenkant. In figuur 5 is getekend hoe die buitenkant onder spanning kan komen te staan. De isolatie van een snoer is kapotgegaan: het koperdraad maakt contact met het metaal. Als je de waterkoker aanraakt, krijg je op zijn minst een stevige schok.



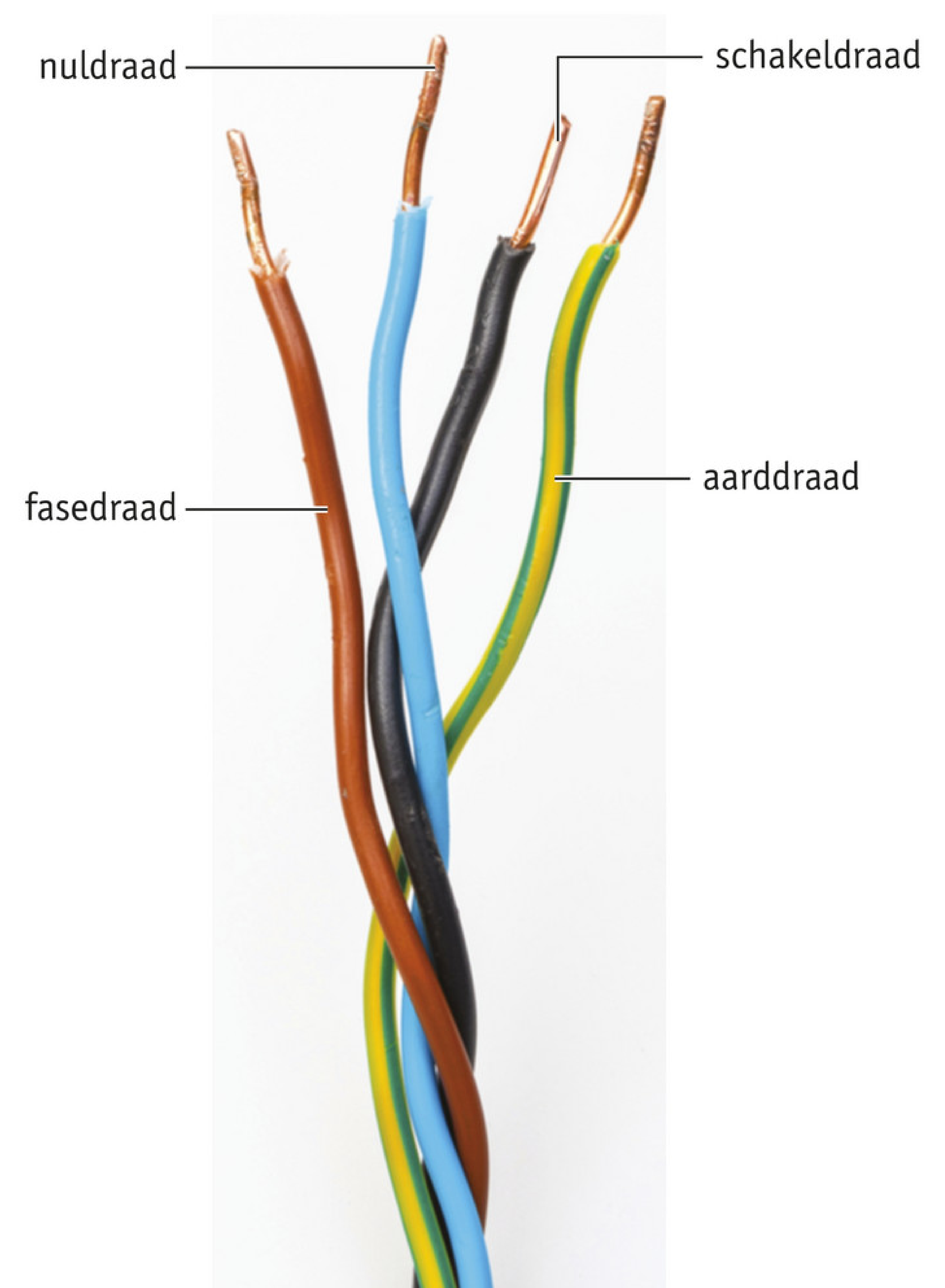
figuur 5 Als je de stekker in het stopcontact doet, krijg je een schok: gevaarlijk!

Om dit soort ongelukken te voorkomen, wordt zo'n apparaat geaard. Dat gebeurt met een **aarddraad** die vastzit aan het metalen omhulsel van het apparaat (figuur 6). Je kunt de aarddraad herkennen aan de groengele isolatie. De aarddraad loopt via het snoer naar een metalen contact aan de rand van een geaard stopcontact. Dit contact noem je de **randaarde**. Vanaf de randaarde loopt ook een aarddraad naar de aardrail in de meterkast.



figuur 6 Zo wordt een waterkoker geaard.

De aardrail is verbonden met een metalen pin die diep in de grond is geslagen. Als de metalen buitenkant onder spanning komt te staan, loopt er via de aarddraden (figuur 7) een grote lekstroom naar de aarde. De spanning wordt dan uitgeschakeld door de aardlekschakelaar of de groepszekering.



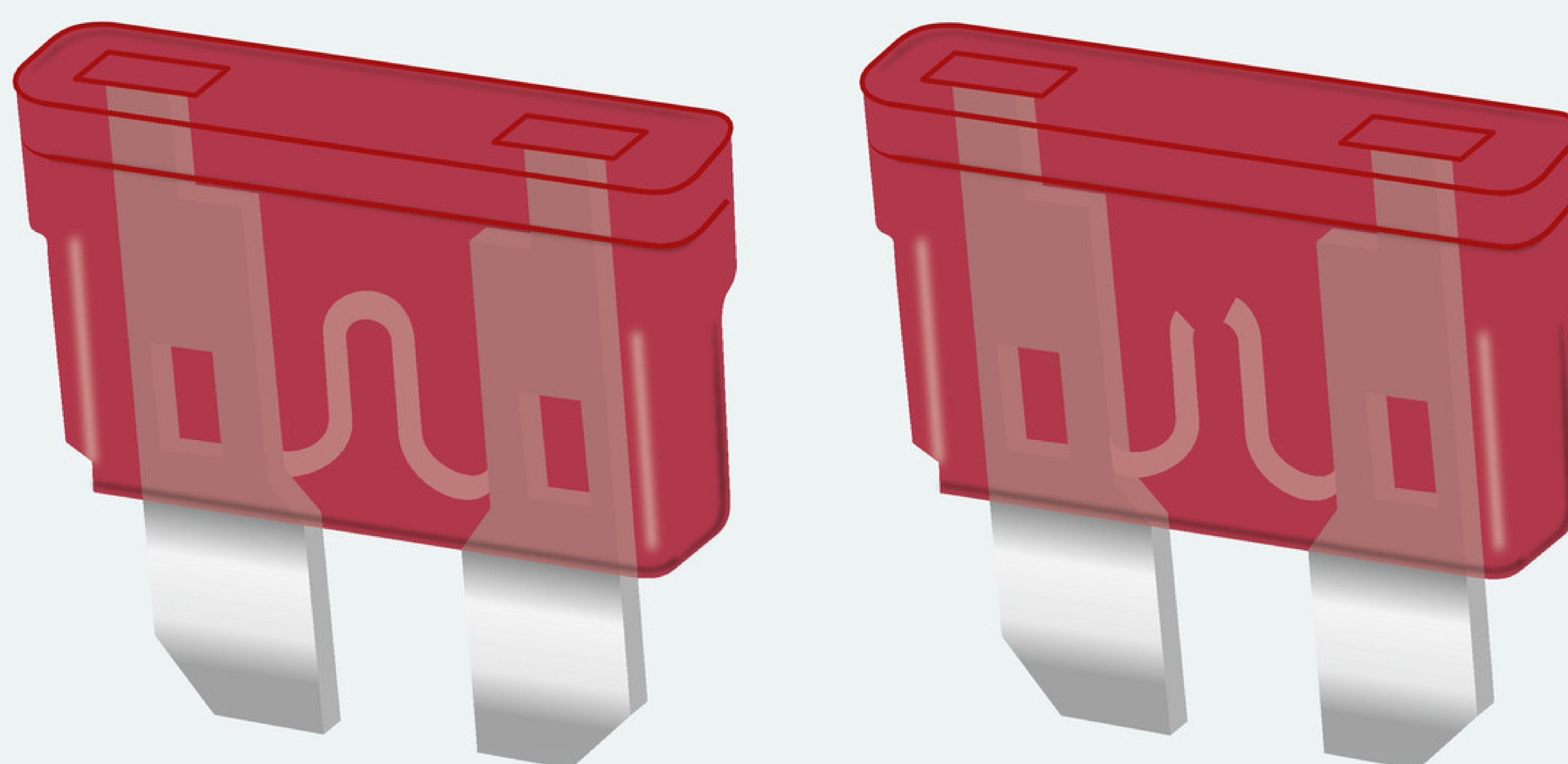
figuur 7 De vier soorten draden in een huisinstallatie.

EXTRA AUTOZEKERINGEN

In een auto zitten tientallen onderdelen die op elektriciteit werken: de startmotor, de brandstofpomp, de ruitenwissers, de koplampen, de achterruitverwarming, de claxon, enzovoort. Voor elk elektrisch onderdeel is een aparte stroomkring gemaakt, met een eigen zekering.

In de meeste auto's worden steekzekeringen gebruikt (figuur 8). Een steekzekering smelt door als de stroomsterkte door de stroomkring te groot wordt. Zo wordt voorkomen dat de draden erg heet worden en de auto in brand vliegt.

Figuur 8 Een autozekering.



klaar voor gebruik — doorgesmolten

Door onderdelen met een klein vermogen zoals een dimlicht loopt niet zo veel stroom. Zo'n onderdeel wordt beveiligd met een 'lichte' zekering, van bijvoorbeeld 10 A. De achterruitverwarming heeft een veel groter vermogen. Die wordt beveiligd met een 'zware' zekering, van bijvoorbeeld 25 A. Je kunt die zekeringen niet zomaar door elkaar gebruiken. Als een zekering van 10 A kapot is, moet je er weer een nieuwe zekering van 10 A inzetten, enzovoort.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul de juiste woorden in.
Draden waar stroom doorheen loopt, worden goed geïsoleerd. Dat voorkomt dat je een elektrische .... krijgt als je een draad beetpakt. Ook kan door de isolatie geen .... ontstaan, want de isolatie voorkomt dat koperdraden elkaar kunnen ....

2 Vul de juiste woorden in.
Sommige apparaten hebben een buitenkant van .... , die onder spanning kan komen te staan. Daarom moeten deze apparaten worden geaard. Dat gebeurt met een ....-draad. De kleur van deze draad is .... Deze draad loopt door het snoer naar de .... van het stopcontact.

3 Zijn de beweringen waar of onwaar?

a De elektrische stroom ondervindt een kleine weerstand op de plek waar hij het lichaam in- en uitgaat. *waar / onwaar*

b De lichaamsweerstand is heel groot. *waar / onwaar*

c Als je huid droog is, is de contactweerstand groter dan wanneer je huid nat is. *waar / onwaar*

4 Sommige apparaten zijn dubbel geïsoleerd.
Bij een dubbel geïsoleerd apparaat:

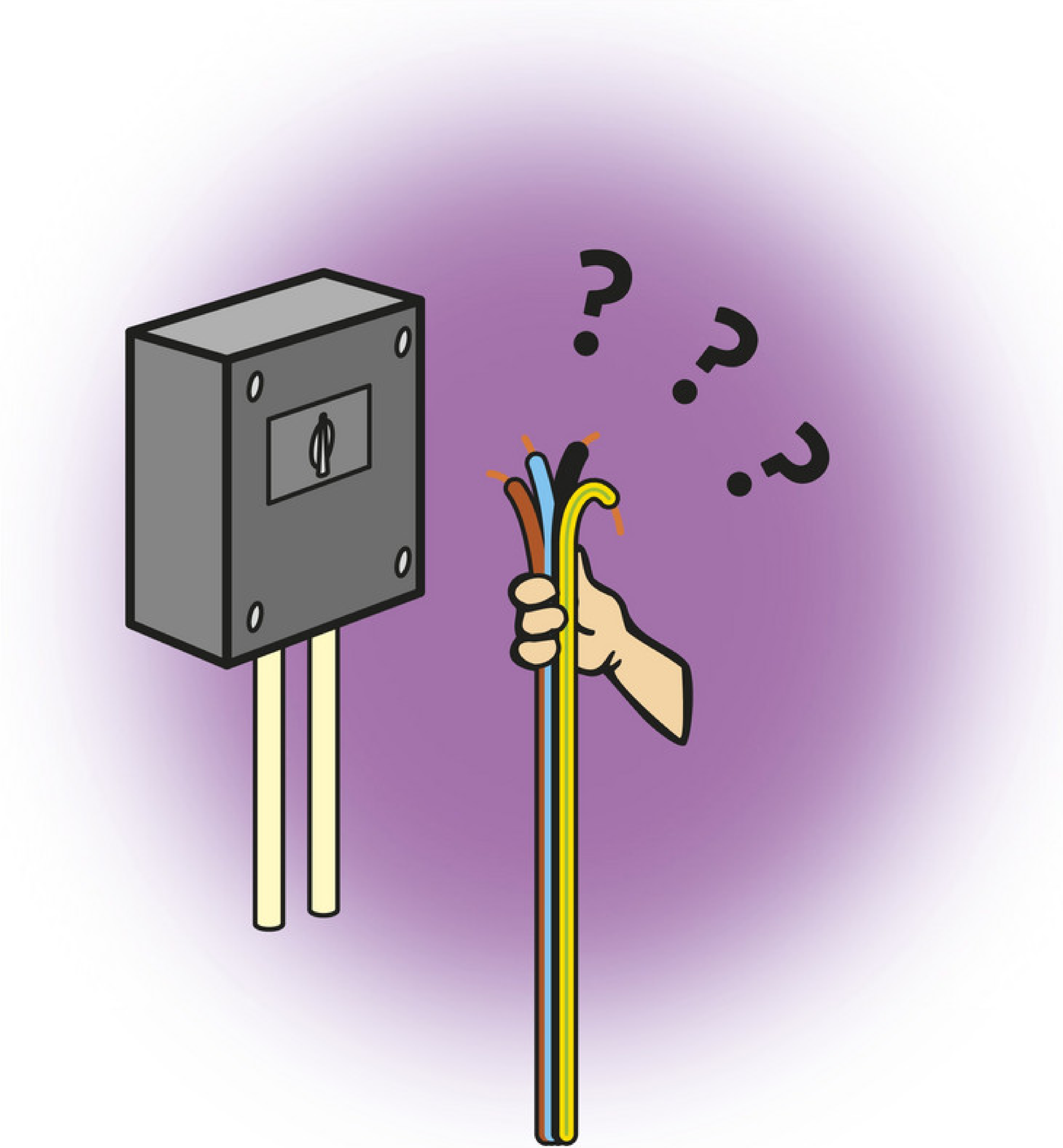
- ○ A zijn de elektriciteitsdraden geïsoleerd en is de buitenkant van het apparaat verbonden met een speciale aarddraad.
- ○ B zijn de elektriciteitsdraden geïsoleerd en daarna voorzien van een extra laag plastic.
- ○ C zijn de elektriciteitsdraden geïsoleerd en is de buitenkant van het apparaat meestal van kunststof gemaakt.

5 Vul de juiste woorden in.

Een aardlekschakelaar vergelijkt de stroom in de .... met de stroom in de ....

Als het verschil groter is dan .... mA, wordt de stroom ....

6 In elke huisinstallatie tref je vier soorten draden aan (figuur 9).
Noteer de ontbrekende gegevens in tabel 2.

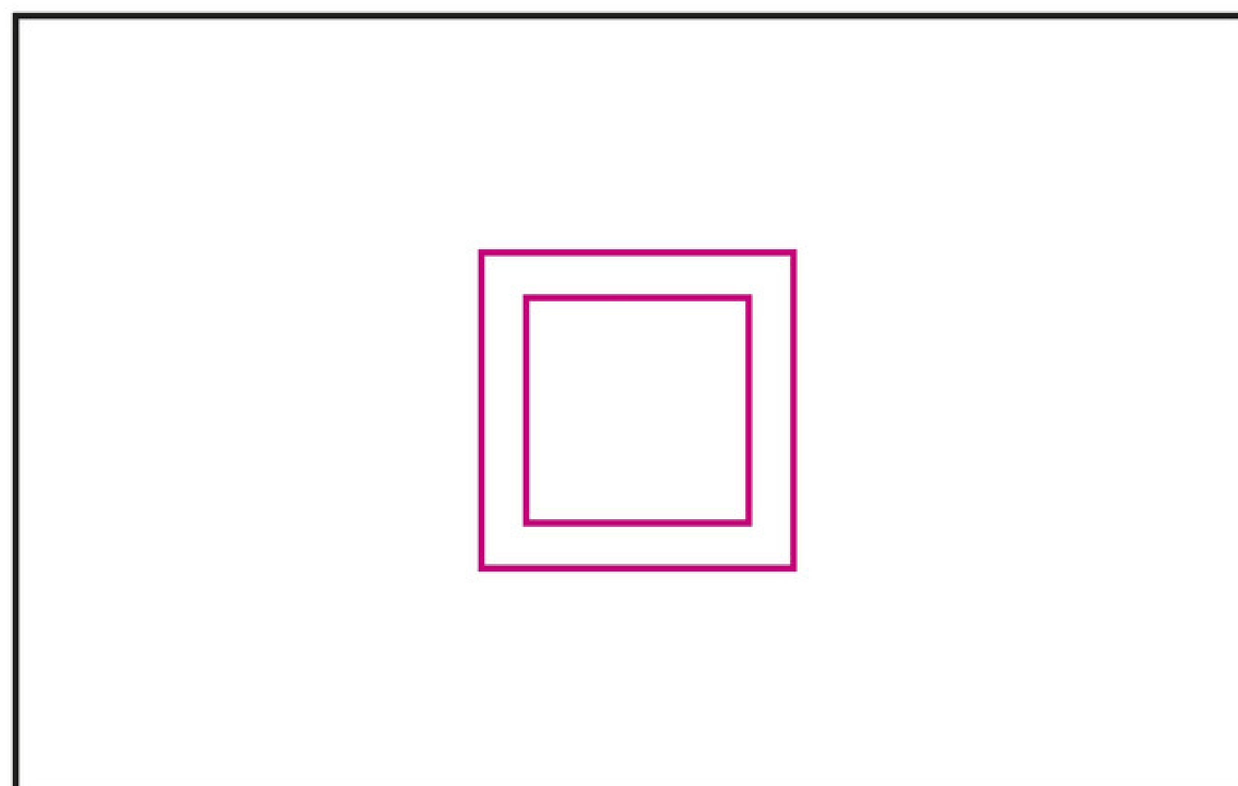


figuur 9 Vier soorten draden.

tabel 2 Vier soorten installatiedraad.

soort draad	kleur
fasedraad	
	blauw
	zwart

7 Teken het symbool waaraan je kunt zien dat een apparaat dubbel geïsoleerd is.



TOEPASSING

8 In een vochtige ruimte zoals een badkamer mag je geen gewone stopcontacten aanbrengen. Dat is te gevaarlijk.
Leg uit waarom je juist in vochtige ruimtes zo voorzichtig moet zijn met elektriciteit.

....

....

....

....

....

9 Thea zegt: “Een zekering voorkomt brand.”
Liesbeth zegt: “Een zekering voorkomt kortsluiting.”
Wie heeft er gelijk? Leg duidelijk uit waarom.

....

....

....

....

10  In figuur 10 zie je een computer met een metalen behuizing. Shukoraai wil een nieuw snoer en stekker met randaarde op de computer aansluiten.

a Teken hoe je de punten A, B en C met de punten 1, 2 en 3 moet verbinden. Dit kan op twee manieren.

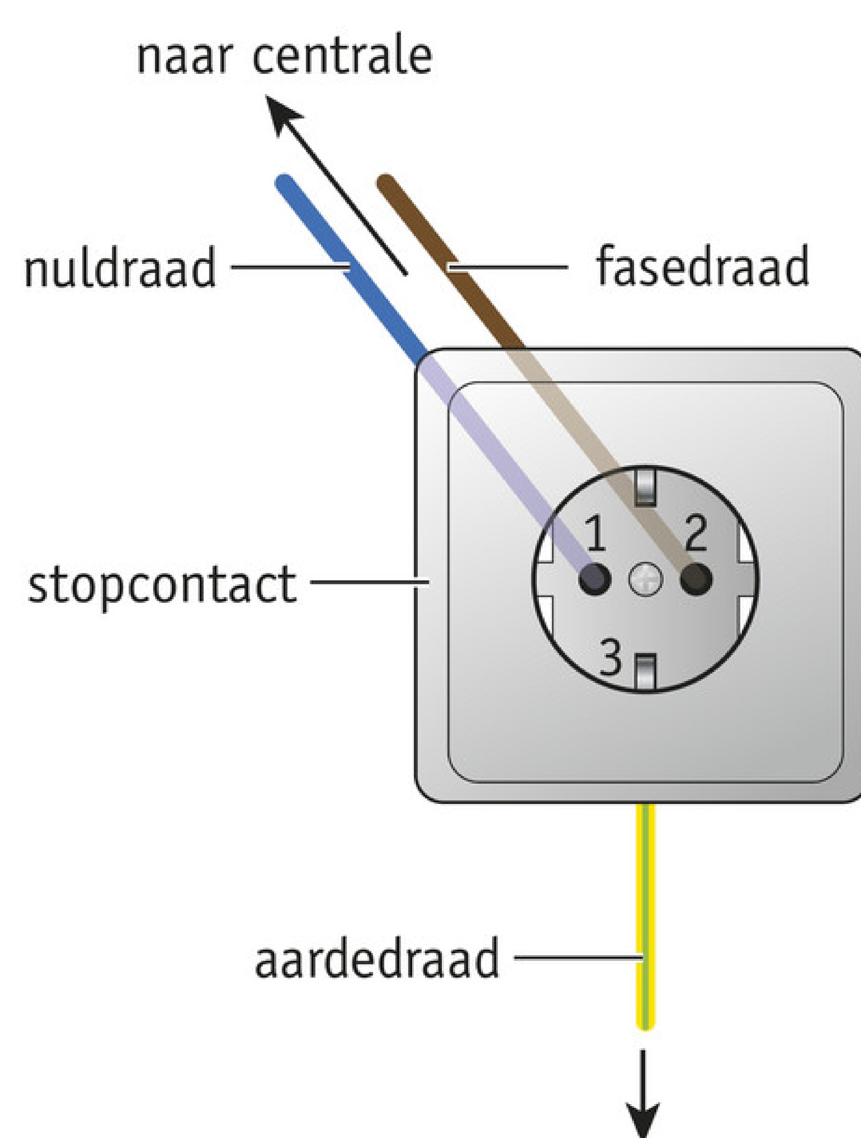
b Er kan een levensgevaarlijke situatie ontstaan als Shukoraai punt C fout verbindt. Waarmee wordt punt C dan verbonden?

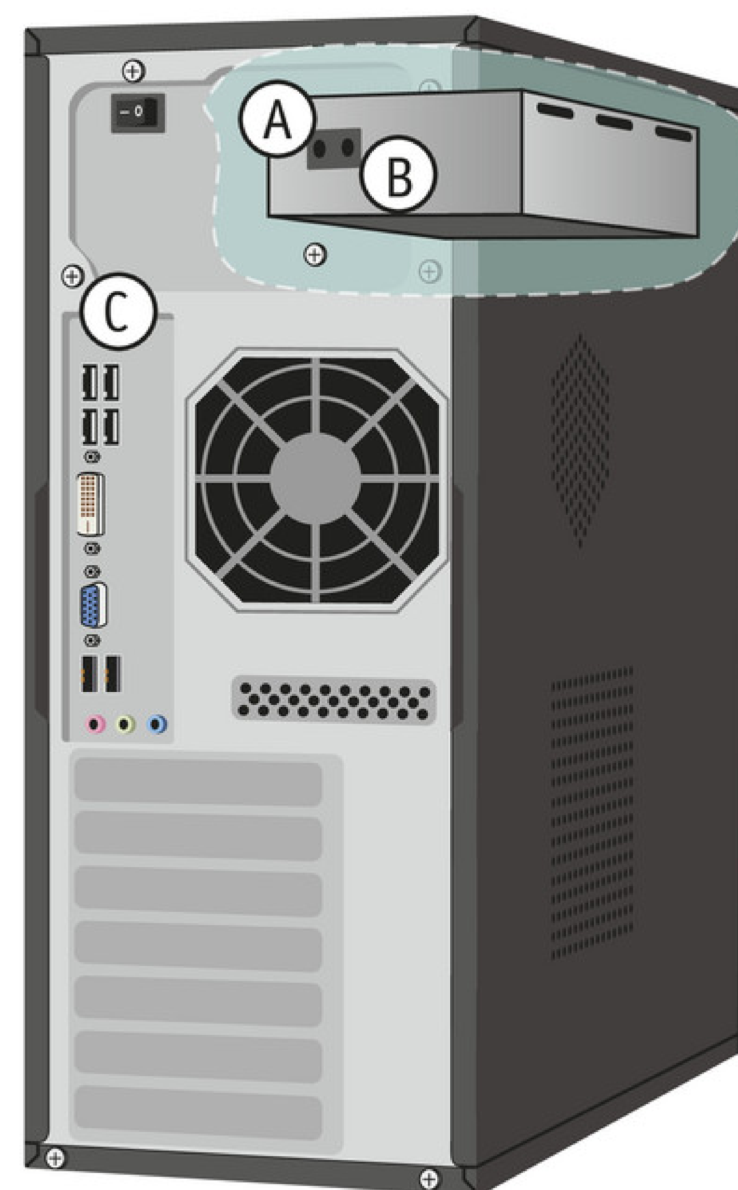
....

c Wat is daarvan het gevolg?

....

....





figuur 10 Een computer aansluiten en aarden.

11 Lees het krantenbericht in figuur 11.

a Wat had de eigenaar volgens het Openbaar Ministerie in de meterkast veranderd?

- ○ A Hij had de compressor kortgesloten, zodat het apparaat het begaf.
- ○ B Hij had de zekeringen zo veranderd, dat ze meer stroom doorlieten.
- ○ C Hij had de zekeringen zo veranderd, dat ze minder stroom doorlieten.
- ○ D Hij had verschillende zekeringen uitgezet, zodat ze het niet deden.

b Volgens het Openbaar Ministerie moest de elektriciteitsinstallatie meer vermogen leveren dan de leidingen aankonden.

Hoe noem je dat in één woord? ....

figuur 11 Knoeien aan zekeringen is levensgevaarlijk.

ONDERZOEK BRAND IN LOODS HEROPEND

Het onderzoek naar de brand op 8 augustus in Westdorp wordt heropend. Volgens een woordvoerder van het Openbaar Ministerie (OM) is er met zekeringen geknoeid. Een aantal was bewerkt om meer vermogen te kunnen gebruiken, zodat een compressor het niet telkens zou begeven.
Vorige week tijdens de zitting bleek dat getuigen hadden verklaard zelf te hebben gezien hoe eigenaar M. de zekeringen bewerkte. Volgens de advocaat van M. is zijn cliënt onschuldig. Een direct verband tussen de zekeringen en de brand kan volgens de raadsman niet worden gelegd. Het OM gaf vorige week toe dat 'niet onomstotelijk vaststaat wat de oorzaak is van de brand', maar houdt het toch op oververhitting waardoor leidingen vlam hebben gevat en de brand boven in de loods onder het dak ontstond.

12 In de keuken van Peters flat staan drie elektrische apparaten aan: de wasmachine, de oven en de koelkast. Op het moment dat Peter het koffiezetapparaat aanzet, valt de elektriciteit uit.

a Noteer twee mogelijke oorzaken van het uitvallen van de elektriciteit.

- ....
- ....

b Hoe kan Peter erachter komen wat de oorzaak was?

....

....

....

....

....

....

....

c De radio in Peters huiskamer staat nog wel aan.
Hoe kan het dat daar de elektriciteit niet is uitgevallen?

....

....

d Peter ziet in de meterkast dat een zekering de stroom heeft uitgeschakeld. Als hij het hefboompje van de zekering omhoogduwt en loslaat, valt het meteen weer terug.
Wat had Peter eerst moeten doen?

....

....

Werken als automonteur — beroep

Loes (26 jaar) werkt als automonteur bij een garage. Na het vmbo (k) heeft ze de mbo-opleiding Eerste Autotechnicus gedaan. Loes was daar het enige meisje tussen twintig jongens, maar daar trok ze zich niets van aan. Later hoopt ze een eigen autobedrijf te starten. Maar op dit moment wil ze vooral het vak steeds beter leren kennen.



13 Lees de tekst 'Werken als automonteur'. Loes werkt bij een garage. Bijna elke dag vervangt ze elektrische onderdelen die kapot zijn gegaan. Vaak moet ze dan ook de bijbehorende zekering verwisselen.
In tabel 3 vind je gegevens over een aantal auto-onderdelen.

a Bereken hoe groot de stroomsterkte door de claxon is.

....

....

....

....

....

b Bereken op dezelfde manier de stroomsterkte door elk onderdeel.
Noteer de uitkomsten in tabel 3.

c Noteer voor elk onderdeel een geschikte zekering. Je hebt de keuze uit vijf mogelijkheden:

- zekering 5 A
- zekering 10 A
- zekering 15 A
- zekering 20 A
- zekering 30 A

Als voorbeeld is de zekering voor de claxon al ingevuld.

tabel 3 Elektrische gegevens van auto-onderdelen.

onderdeel	gegevens	stroomsterkte*	zekering
claxon	12 V, 80 W	.... A	10 A
voorruitwissers	12 V, 150 W	.... A	.... A
grootlicht links	12 V, 60 W	.... A	.... A
achteruitrijlichten	12 V, 30 W	.... A	.... A
mistlamp	12 V, 200 W	.... A	.... A
airconditioning	12 V, 320 W	.... A	.... A

** onder gewone omstandigheden, als alles goed functioneert*

EXTRA AUTOZEKERINGEN

14 **a** Noem drie onderdelen in een auto die op elektriciteit werken.

....

....

b Vul de juiste woorden in.

In een auto is voor elk elektrisch onderdeel een aparte ....

gemaakt, met een eigen .... In de meeste auto's

worden ....-zekeringen gebruikt. Zo'n zekering

.... door als de stroomsterkte door de stroomkring te

groot wordt.

15 Een koplamp van een auto heeft een vermogen van 60 W en werkt op een spanning van 12 V.

a Bereken de stroomsterkte door de koplamp.

....

....

....

....

b De stroomkring met de koplamp wordt beveiligd door een zekering van 10 A.
Leg uit wat wordt bedoeld met 'een zekering van 10 A'.

....

....

....

c De stroomsterkte waarbij de zekering doorsmelt, is groter dan de normale stroomsterkte door de lamp.
Leg uit waarom dat nodig is.

....

....

....

....



Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 DE STROOMSTERKTE METEN

Elke proef heeft een tijdsindicatie. Dat is handig voor je lesplanning.

15 minuten

Inleiding
In een stroomkring loopt de elektrische stroom rond in een kring. De stroom gaat van de ene pool van de spanningsbron naar de andere, en loopt daarbij door snoeren, lampjes en andere schakelonderdelen. Met een stroommeter kun je meten hoe groot de stroomsterkte is.

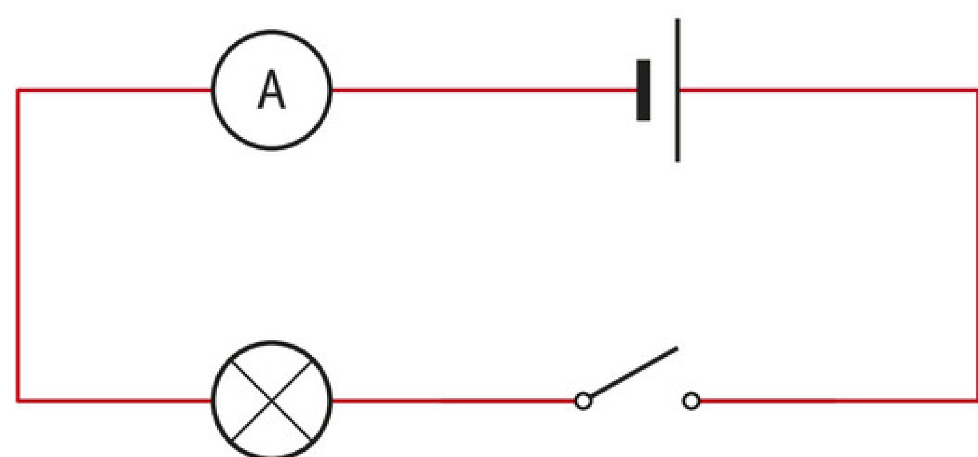
Doel
Bij deze proef leer je hoe je een stroommeter aansluit en afleest.

Nodig
- ☐ batterijhouder met vier batterijen
- ☐ lampje in fitting
- ☐ 4 snoeren
- ☐ stroommeter
- ☐ drukschakelaar

De proeven hebben allemaal een standaardopbouw bestaande uit: inleiding, doel, benodigheden met checklist en instructie hoe je de de proef moet uitvoeren.

Uitvoeren en uitwerken
Vooraf
Zie de vaardigheid *Werken met een stroommeter.*
Meestal heeft een stroommeter verschillende meetbereiken. Je docent zal je vertellen hoe dat zit met de meters bij jou op school. Bij een proef begin je altijd met het grootste meetbereik. Als de wijzer dan maar een klein beetje uitslaat, kies je daarna een kleiner meetbereik.

Meten
- Maak de opstelling van figuur 1.
- Schakel de stroom in met de schakelaar. Tip: wissel de beide aansluitdraden om als de wijzer van de stroommeter naar de verkeerde kant uitslaat.
- Kijk hoe groot de stroomsterkte is. Gebruik een kleiner meetbereik als dat kan.



figuur 1 De opstelling van proef 1.

1 Lees de stroomsterkte nu zo nauwkeurig mogelijk af.

De stroomsterkte is .... A.

- Maak een nieuwe schakeling, met de stroommeter tussen het lampje en de drukschakelaar.
- Ga net zo te werk als bij de vorige schakeling.
- Lees de stroomsterkte af op de stroommeter.

2 Lees de stroomsterkte weer zo nauwkeurig mogelijk af.

De stroomsterkte is .... A.

3 Maakt het uit of je de stroommeter links of rechts van het lampje aansluit?

....

....

Ruim alles netjes op.

PROEF 2 DE STROOMSTERKTE IN EEN SERIESCHAKELING

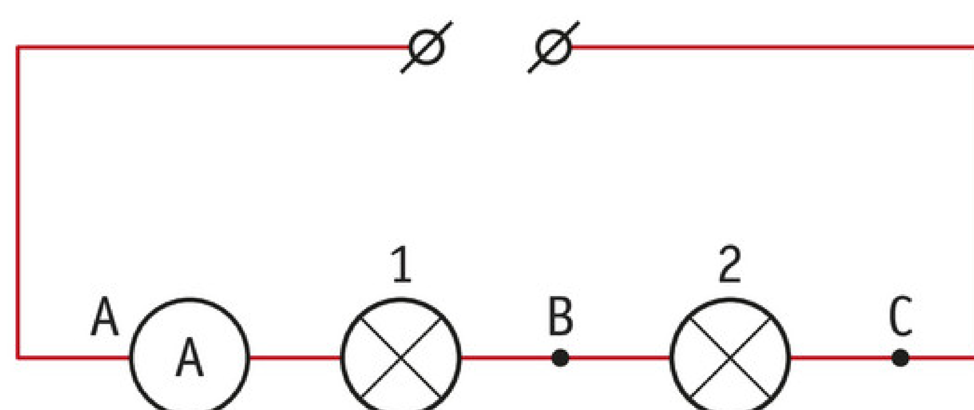
30 minuten

Inleiding
Een serieschakeling heeft geen vertakkingen. Je kunt zo'n schakeling vergelijken met een weg zonder zijwegen: als de stroom rondloopt, passeert hij alle schakelonderdelen één voor één.

Doel
Je zou kunnen denken dat de stroom in een serieschakeling steeds zwakker wordt. Elk onderdeel verbruikt immers stroom. Of dat zo is, onderzoek je bij deze proef. De onderzoeksvraag is:
Wat kun je zeggen over de stroomsterkte in een serieschakeling?

Nodig
- ☐ voedingskastje
- ☐ 2 lampjes in fitting
- ☐ 4 snoeren
- ☐ stroommeter

Uitvoeren en uitwerken
Zie de vaardigheid *Schakelingen bouwen*.
- Maak de schakeling van figuur 2.
- Stel de spanning in op 12 V.
- Kijk hoe groot de stroomsterkte is. Kies het meest geschikte meetbereik.
  Tip: wissel de beide aansluitdraden om als de wijzer van de stroommeter naar de verkeerde kant uitslaat.



figuur 2 Het schakelschema van proef 2.

1 Lees de stroomsterkte nauwkeurig af en noteer deze.

De stroomsterkte bij A is .... A.

- Maak een nieuwe schakeling, met de stroommeter tussen de beide lampjes in (bij B).

2 Lees de stroomsterkte opnieuw nauwkeurig af.

De stroomsterkte bij B is .... A.

- Maak een nieuwe schakeling, met de stroommeter rechts van lampje 2 (bij C).

3 Lees de stroomsterkte opnieuw nauwkeurig af.

De stroomsterkte bij C is .... A.

Uitwerken

4 Beantwoord nu de onderzoeksvraag.

....

....

....

....

De uitwerking van de proef kun je in het boek schrijven. Zo heb je handig alles bij elkaar.

5 Klopt de uitspraak: ‘Een lampje verbruikt stroom’?
Licht je antwoord toe.

....

....

....

Ruim alles netjes op.

PROEF 3 DE STROOMSTERKTE IN EEN PARALLELSCHAKELING

30 minuten

Inleiding

Een parallelschakeling is een schakeling met vertakkingen. Je kunt zo'n schakeling vergelijken met een weg die zich splitst: een deel van het verkeer neemt de ene weg, een ander deel de andere weg. Verderop komen de wegen weer bij elkaar. Dan moet alle verkeer weer langs één weg.

Doel

Bij deze proef maak je zelf een parallelschakeling. De onderzoeksvraag is:
Wat kun je zeggen over de stroomsterktes in een parallelschakeling?

Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ 2 lampjes in een fitting
- ☐ 5 snoeren
- ☐ stroommeter

Uitvoeren en uitwerken

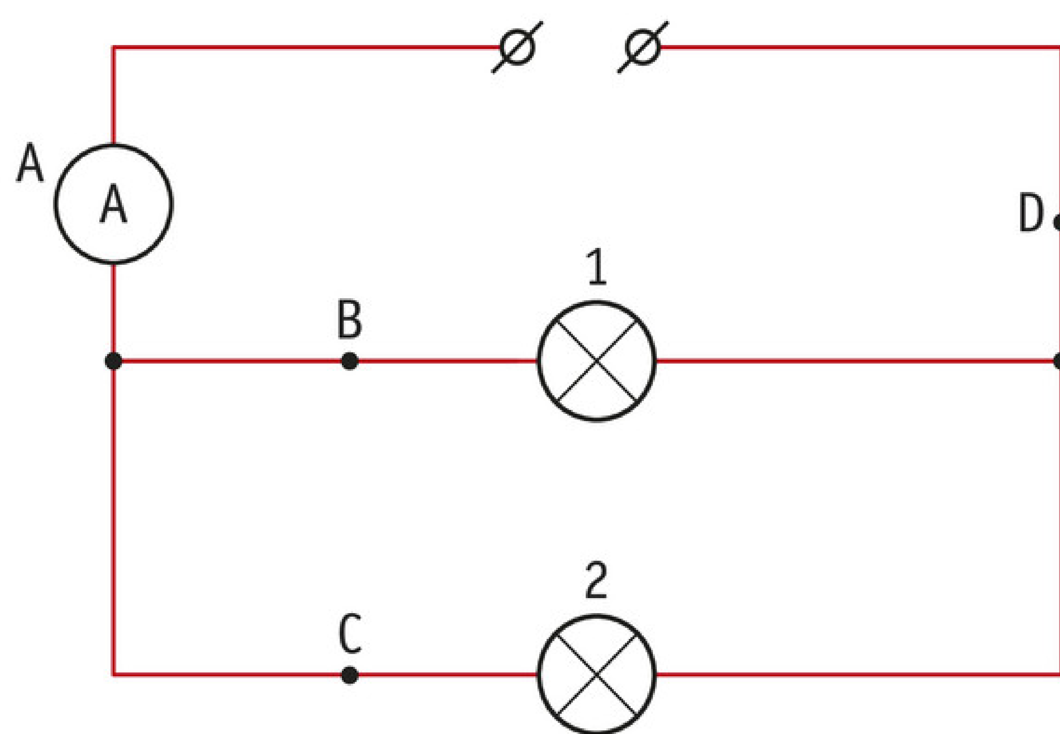
Vooraf

Zie de vaardigheid *Schakelingen bouwen*.
Bij deze proef moet je vier metingen doen. Ga daarbij steeds als volgt te werk:

- Maak de schakeling met de stroommeter op de juiste plek.
- Stel de spanning in op 6,0 V.
- Voer de meting uit.
- Draai de spanning op 0 V.
- Verander de schakeling.
- Controleer of alles klopt.
- Stel de spanning in op 6,0 V.

Meten

- Maak de schakeling van figuur 3.
- Stel de spanning in op 6,0 V.
- Lees de stroomsterkte af.



figuur 3 Het schakelschema van proef 3.

1 Noteer de stroomsterkte in tabel 1.

- Verplaats de stroommeter naar B.
- Lees de stroomsterkte af.

- Verplaats de stroommeter naar C.
- Lees de stroomsterkte af.

- Verplaats de stroommeter naar D.
- Lees de stroomsterkte af.

2 Noteer alle meetresultaten in tabel 1.

tabel 1 De meetgegevens van proef 3.

plaats stroommeter	stroomsterkte (A)
A	
B	
C	
D	

Uitwerken

3 Bij A en D heb je de stroomsterkte gemeten.
Hoe groot was deze stroomsterkte?

....

4 Hoe groot was de stroomsterkte door lampje 1?

....

5 Hoe groot was de stroomsterkte door lampje 2?

....

6 Welke conclusie kun je dus uit deze proef trekken?
Je kunt de totale stroomsterkte meten:

....

....

....

7 Vergelijk de meetresultaten van proef 2 en proef 3 met elkaar.
Wanneer moet de batterij meer stroom leveren?

- ○ A De batterij moet meer stroom leveren als de lampjes in serie zijn geschakeld.
- ○ B De batterij moet meer stroom leveren als de lampjes parallel zijn geschakeld.
- ○ C Het maakt niet uit hoe de lampjes zijn geschakeld.

Ruim alles netjes op.

PROEF 4 DE STROOMSTERKTE METEN IN EEN GEMENGDE SCHAKELING

30 minuten

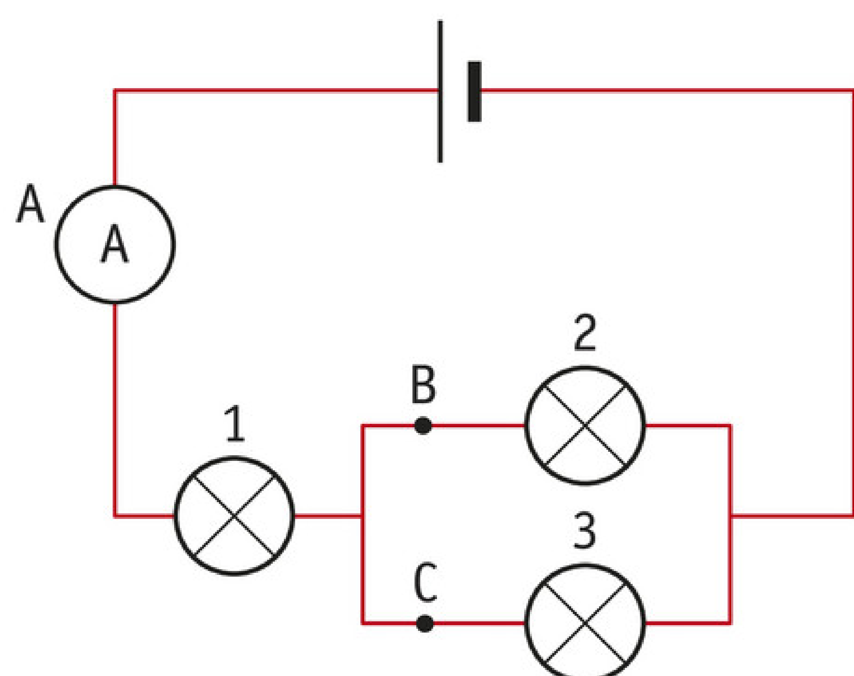
Inleiding
Een gemengde schakeling is een schakeling waarin sommige delen in serie zijn geschakeld en andere delen parallel.

Doel
Bij deze proef maak je zelf een gemengde schakeling. De onderzoeksvraag is:
Welke regel geldt er voor de stroomsterktes in een gemengde schakeling?

Nodig
- ☐ voedingskastje
- ☐ 3 lampjes in een fitting
- ☐ 5 snoeren
- ☐ stroommeter

Uitvoeren en uitwerken
Vooraf
Zie de vaardigheid *Schakelingen bouwen*.
Bij deze proef moet je drie metingen doen. Ga daarbij steeds als volgt te werk:
- Maak de schakeling met de stroommeter op de juiste plek.
- Stel de spanning in op 6,0 V.
- Schakel de stroommeter op plek A in de stroomkring.
- Voer de meting uit.
- Draai de spanning op 0 V.
- Verander de schakeling.
- Controleer of alles klopt.
- Stel de spanning in op 6,0 V.

Meten
- Maak de schakeling van figuur 4 met de stroommeter bij A.
- Stel de spanning in op 6,0 V.
- Kijk hoeveel licht elk lampje geeft.
- Lees de stroomsterkte af.



figuur 4 Het schakelschema van proef 4.

1 Noteer de gemeten stroomsterkte in tabel 2.

- Verplaats de stroommeter naar B.
- Lees de stroomsterkte af.

- Verplaats de stroommeter naar C.
- Lees de stroomsterkte af.

2 Noteer alle meetresultaten in tabel 2.

tabel 2 De meetgegevens van proef 4.

plaats stroommeter	stroomsterkte (A)
A	
B	
C	

Uitwerken

3 Bij A heb je de totale stroomsterkte gemeten.
Hoe groot was deze stroomsterkte?

....

4 Leg uit waarom dit ook de stroomsterkte is door lampje 1.

....

....

....

5 Hoe groot was de stroomsterkte door lampje 2?

....

6 Hoe groot was de stroomsterkte door lampje 3?

....

7 Gaven alle lampjes evenveel licht? Zo niet, geef dan een verklaring voor het verschil.

....

....

....

....

Ruim alles netjes op.

PROEF 5 HET VERMOGEN

45 minuten

Inleiding

Het vermogen van een lampje geeft aan hoeveel elektrische energie dat lampje per seconde verbruikt. Die elektrische energie wordt geleverd door een spanningsbron, zoals een batterij of een dynamo.

Doel

Bij deze proef bepaal je het vermogen van lampjes. De onderzoeksvraag is:
Heeft het vermogen te maken met de spanning waarop een lampje brandt? En welke rol speelt de stroomsterkte?

Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ 2 lampjes in een fitting
- ☐ 5 snoeren
- ☐ stroommeter

Uitvoeren en uitwerken

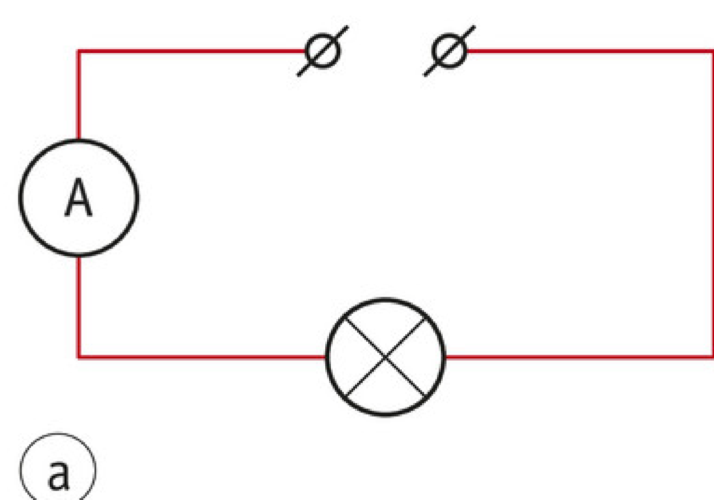
Voorbereiden
Bij deze proef moet je drie metingen doen.
Ga daarbij steeds als volgt te werk:

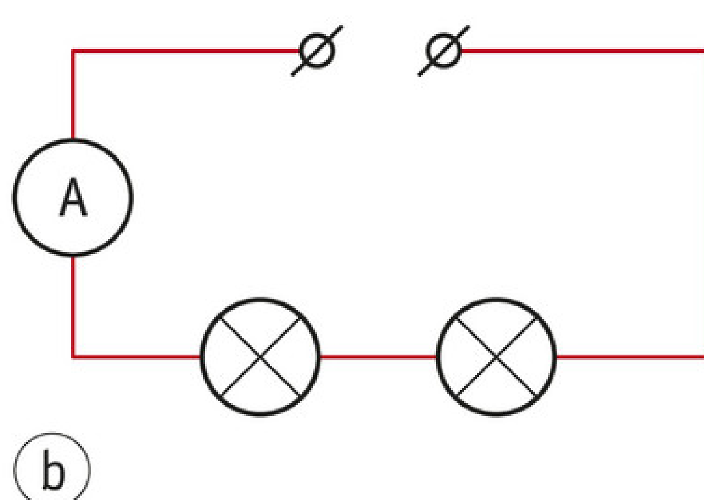
- Voer de meting uit.
- Draai de spanning op 0 V.
- Verander de schakeling.
- Controleer of alles klopt.
- Stel de spanning in op de juiste waarde.
- Controleer of de lampjes weer normaal branden.

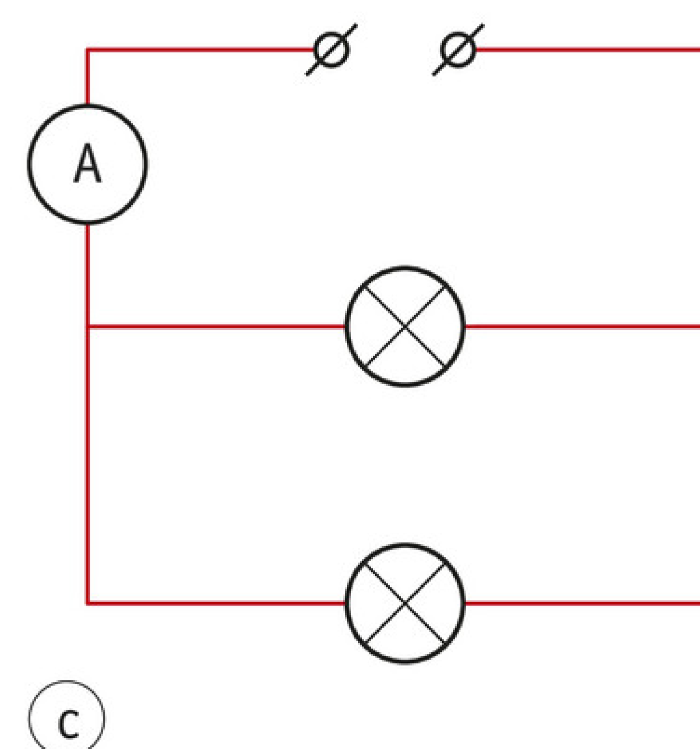
Meting 1

- Maak de schakeling van figuur 5a.
- Stel de spanning in op 6,0 V.
- Lees de stroomsterkte af.

figuur 5 De drie schakelingen van proef 5.







1 Noteer de stroomsterkte in tabel 3.

tabel 3 De meetgegevens van proef 5.

meting	spanning (V)	stroomsterkte (A)	totale vermogen (W)
1	6,0		
2	12,0		
3	6,0		

Meting 2
- Maak de schakeling van figuur 5b.
- Stel de spanning in op 12,0 V.
  De lampjes branden nu op de normale sterkte.
- Lees de stroomsterkte af.

2 Noteer de stroomsterkte in tabel 3.

Meting 3
- Maak de schakeling van figuur 5c.
- Stel de spanning in op 6,0 V.
  De lampjes branden nu op de normale sterkte.
- Lees de stroomsterkte af.

3 Noteer de stroomsterkte in tabel 3.

Uitwerken

4 Op elk lampje staat het vermogen vermeld.
Noteer in tabel 3 het (totale) vermogen.

5 Hangt het totale vermogen af van de spanning?
Zo ja, hoe?

....

....

....

....

6 Welke metingen moest je vergelijken om opdracht 5 te kunnen beantwoorden?

....

....

....

7 Hangt het totale vermogen af van de stroomsterkte?
Zo ja, hoe?

....

....

....

8 Welke metingen moest je vergelijken om opdracht 7 te kunnen beantwoorden?

....

....

....

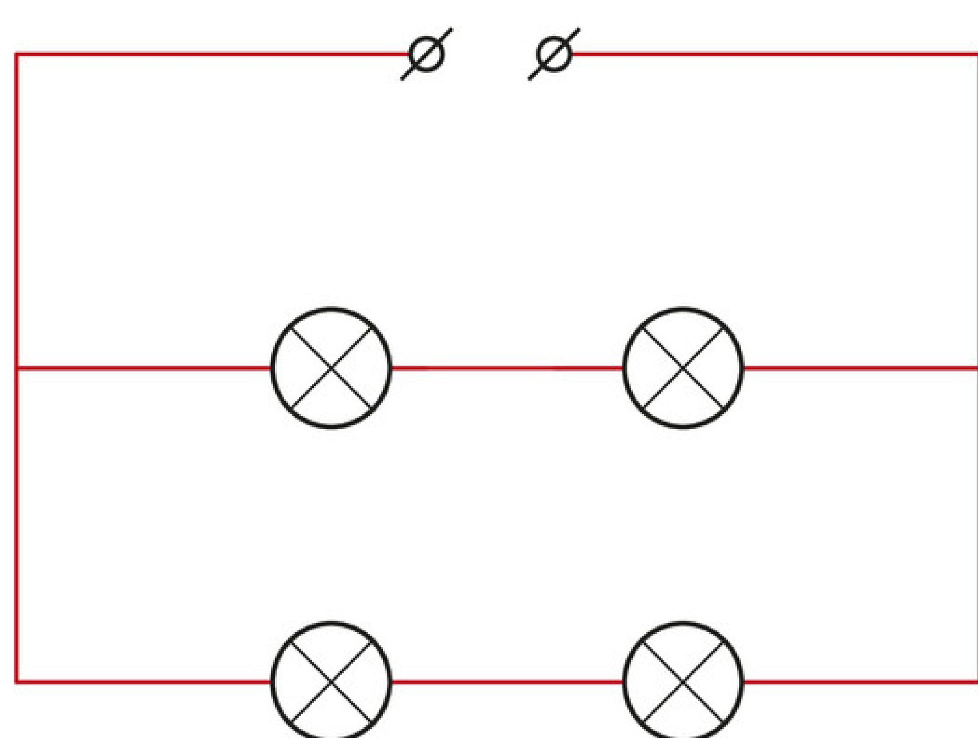
9 Stel je voor dat je de schakeling van figuur 6 zou maken, met dezelfde soort lampjes.
Je wilt de lampjes op de normale sterkte laten branden.

a Op welke spanning zou je het voedingskastje dan moeten instellen?

....

b Welke waarde zou de stroommeter dan aangeven?

....



figuur 6 Een schakeling met vier lampjes.

Ruim alles netjes op.

Leerstofoverzicht

In dit leerstofoverzicht vinden leerlingen per paragraaf de belangrijkste Onthoud-items en de begrippen met bijbehorende definities. Het bestuderen van dit overzicht vormt een goede voorbereiding op de toets.

1.1 ELEKTRISCHE STROOM

ONTHOUD

- Je kunt een stroomkring vergelijken met een cv-installatie. Zoals het water rond stroomt door een cv-installatie, zo loopt de stroom rond door een stroomkring. Je kunt de spanningsbron vergelijken met de pomp, de draden met de buizen en de schakelaars met de kranen.
- Met een stroommeter kun je meten hoe groot de stroomsterkte is. Je meet de stroomsterkte in ampère (A) of milliampère (mA).
- In een serieschakeling is de stroomsterkte overal even groot.
- In een parallelschakeling verdeelt de stroom zich over meerdere takken. Je kunt de totale stroomsterkte in een parallelschakeling berekenen door alle stroomsterktes bij elkaar op te tellen. Je kunt dit schrijven als: $I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 + ...$

BEGRIPPEN

gesloten stroomkring
Geleidende verbinding tussen de uiteinden van een spanningsbron, zodat de stroom rond kan lopen van het ene uiteinde naar het andere.

parallelschakeling
Schakeling met vertakkingen, waarin de stroom verschillende routes kan nemen.

serieschakeling
Schakeling zonder vertakkingen, waarin de stroom maar één route kan volgen.

stroommeter
Instrument om de stroomsterkte te meten.

stroomsterkte
Hoeveelheid stroom die een bepaald punt van een stroomkring passeert.

totale stroomsterkte
Stroomsterkte in het niet-vertakte deel van een groep, de optelsom van de stroomsterktes in de verschillende vertakkingen.

1.2 ELEKTRICITEIT IN HUIS

ONTHOUD

- Een huisinstallatie bestaat uit elektriciteitsdraden, stopcontacten en schakelaars. De stroom komt via de hoofdleiding het huis binnen. Daarna passeert de stroom de kWh-meter. Hierna splitst de leiding zich in een aantal groepen. Iedere groep heeft een eigen groepsschakelaar en een eigen zekering.
- De stopcontacten en lichtpunten (met schakelaar) in een groep hebben elk hun eigen vertakking. Ze zijn dus allemaal parallel aan elkaar geschakeld.
- In de huisinstallatie worden verschillende kleuren draden gebruikt. De bruine draad is de fasedraad. Op deze draad staat een spanning van 230 V. De blauwe draad is de nuldraad. Deze wordt gebruikt om de stroomkring te sluiten. De zwarte draad is de schakeldraad. Deze wordt alleen gebruikt bij schakelaars. Op de schakeldraad staat alleen spanning als de schakelaar in de AAN-stand staat.
- Als de stroom een weg kan nemen met een lage weerstand, dan is er sprake van kortsluiting.
- Als er te veel apparaten op een groep zijn aangesloten, ontstaat er overbelasting. De totale stroomsterkte wordt dan te groot.

BEGRIPPEN

fasedraad
Bruine elektriciteitsdraad waarop een wisselspanning staat van 230 V.

groepsschakelaar
Schakelaar waarmee je in één keer de spanning over alle stopcontacten en lichtpunten in een groep kunt uitzetten.

huisinstallatie
Netwerk van elektriciteitsdraden, de groepenkast, lichtpunten en stopcontacten in een huis.

kortsluiting
Situatie waarin de stroom onbedoeld een andere weg kan nemen, met een veel te kleine weerstand, zodat de stroomsterkte veel te groot wordt.

kilowattuurmeter
Instrument dat het verbruik van elektrische energie in huis meet. De meter heet zo omdat het verbruik wordt weergegeven in kWh (kilowattuur).

nuldraad
Blauwe elektriciteitsdraad die in combinatie met de fasedraad wordt gebruikt om de stroomkringen in huis te maken. Op de nuldraad staat geen spanning.

overbelasting
Gevolg van het inschakelen van te veel apparaten in een groep waardoor de totale stroomsterkte in een groep boven 16 A komt.

schakeldraad
Zwarte elektriciteitsdraad waar alleen spanning op staat als de schakelaar in de AAN-stand staat.

weerstand
Eigenschap van voorwerpen die aangeeft of de stroom er gemakkelijk (bij een kleine weerstand) of moeilijk (bij een grote weerstand) doorheen kan lopen.

zekering
Onderdeel van een schakeling dat de stroom uitschakelt als de stroomsterkte te groot wordt.

1.3 VERMOGEN EN ENERGIE

ONTHOUD

- Het vermogen van een apparaat geeft aan hoeveel energie dat apparaat per seconde verbruikt.
- Het vermogen van een apparaat hangt af van de stroomsterkte die door het apparaat loopt en de spanning waarop het apparaat werkt. Je kunt het vermogen berekenen met de formule $P = U \cdot I$.
- Hoeveel energie er in een huis wordt verbruikt, kun je meten met een kilowattuurmeter (kWh-meter).
- Het energieverbruik van een apparaat is afhankelijk van het vermogen en van de tijd die het apparaat heeft aangestaan. Je kunt het energieverbruik berekenen met de formule $E = P \cdot t$. Als je het vermogen invult in kW en de tijd in h, vind je het energieverbruik in kWh.

BEGRIPPEN

energieverbruik
De hoeveelheid elektrische energie die in een bepaalde tijd wordt verbruikt door de apparaten in huis.

vermogen
De hoeveelheid elektrische energie die een apparaat per seconde verbruikt. De eenheid is watt (W).

1.4 ELEKTRICITEIT EN VEILIGHEID

ONTHOUD

- Kortsluiting en overbelasting kunnen brand veroorzaken doordat de elektriciteitsleidingen erg heet worden als de stroomsterkte te groot wordt.
- Als je een voorwerp aanraakt waar spanning op staat, kun je een schok krijgen. Je lichaam geleidt de stroom vrij goed, de lichaamsweerstand is dus klein. De contactweerstand is veel groter. Dat betekent dat de stroom niet zo gemakkelijk je lichaam in- en uitgaat.
- Sommige apparaten zijn dubbel geïsoleerd. Dit betekent dat ze een extra isolatielaag hebben, naast de isolatie van de onderdelen waar de stroom doorgeen gaat.
- Zekeringen schakelen de stroom uit als deze boven een bepaalde waarde komt. In huis is dat als regel 16 A.
- Een aardlekschakelaar vergelijkt de stroom in de fasedraad met die in de nuldraad. Als ergens stroom weglekt, zijn de stroomsterktes in de draden niet meer gelijk en schakelt de aardlekschakelaar de stroom uit.
- De metalen buitenkant van een elektrisch apparaat kan onder spanning komen te staan. Als je het apparaat aanraakt kun je een schok krijgen. Door zo'n apparaat te aarden loopt de stroom van de buitenkant van het apparaat via de aarddraad door de randaarde naar de aardrail in de meterkast.

BEGRIPPEN

aarddraad
Koperdraad met groengeel gestreepte isolatie die de rand van een geaard stopcontact verbindt met een pin die in de aarde is geslagen of die aan het omhulsel van een apparaat vastzit.

aardlekschakelaar
Voorziening die de stroomsterkte in de fasedraad vergelijkt met de stroomsterkte in de nuldraad. Als het verschil groter wordt dan 30 mA, dan schakelt de aardlekschakelaar de stroom uit. Er kan dan geen stroom meer 'weglekken'.

dubbele isolatie
Manier van isoleren waarbij twee lagen isolatie worden aangebracht: rond de onderdelen waar de stroom doorheen loopt en aan de buitenkant van een apparaat.

installatieautomaat
Groepszekering die de stroom uitschakelt als de stroomsterkte te groot wordt. Er klapt dan een hefboompje om. De stroom kun je weer inschakelen door het hefboompje terug te zetten.

randaarde
Contact aan de rand van een geaard stopcontact dat in verbinding staat met de aarddraad.

smeltveiligheid
Zekering met een dunne draad die snel doorsmelt als de stroomsterkte te groot wordt.



Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

Voor een extra goede voorbereiding maken de leerlingen een diagnostische toets. De toets is identiek qua opbouw en leerdoelen aan de echte eindtoets. Het resultaat van de diagnostische toets geeft een goed beeld van wat een leerling al wel en niet beheerst.

Achteraan ieder hoofdstuk zijn 1 of 2 pagina's ruitjespapier opgenomen voor aantekeningen of om schetsjes te maken.

2 Het weer

WOLKEN
Er zijn verschillende soorten wolken, maar hoe ontstaan wolken eigenlijk? En hoe ontstaan onweer en bliksem?





Wat weet je al over het weer?

LEERDOELEN

1 Je kunt de drie fasen benoemen waarin water kan voorkomen.
2 Je kunt beschrijven wat waterdamp is en wat er gebeurt als waterdamp condenseert.
3 Je kunt de verschillende soorten neerslag noemen en beschrijven.
4 Je kunt aan de hand van dichtheid van stoffen uitleggen waarom een stof zinkt, zweeft of drijft.
5 Je kunt het smeltpunt van ijs en het kookpunt van water benoemen.
6 Je kunt het verschil beschrijven tussen zuivere stoffen en mengsels.
7 Je kunt de zes faseovergangen van stoffen benoemen en beschrijven.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen geleerd over water, lucht en het weer. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Water komt in de natuur in drie fasen voor.
Koppel de naam van de stof aan de juiste fase.

A	ijs	○	○ 1	gas
B	water	○	○ 2	vaste stof
C	waterdamp	○	○ 3	vloeistof

2 In figuur 1 zie je een ketel met daarin kokend water.
Op welke plaats komt het water alleen als waterdamp voor?
○ A bij A
○ B bij B



figuur 1 Een ketel met kokend water.

3 Schrijf drie soorten neerslag op.

....

4 In tabel 1 staat de dichtheid van enkele stoffen.
Welke stoffen drijven op water?
aluminium – glas – koper – kurk – olie – perspex

tabel 1 Dichtheid van enkele stoffen.

stof	dichtheid (g/cm^3)
aluminium	2,7
glas	2,6
koper	8,9
kurk	0,2
olie	0,9
perspex	1,2
water	1,0

5 Vul de juiste getallen in.

Het smeltpunt van water is .... °C.

Het kookpunt van water is .... °C.

6 Een mengsel bestaat uit *één stof* / *meerdere stoffen*.
Een zuivere stof bestaat uit *één stof* / *meerdere stoffen*.

7 Een stof gaat van de gasvormige fase naar de vloeibare fase.

a Hoe noem je deze faseovergang?
- ○ A condenseren
- ○ B verdampen

b Een stof gaat van de vloeibare fase naar de vaste fase.
Hoe noem je deze faseovergang?
- ○ A smelten
- ○ B stollen



Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Het deeltjesmodel

LEERDOELEN

2.1.1 Je kunt uitleggen welke drie eigenschappen moleculen in het deeltjesmodel hebben.

2.1.2 Je kunt beschrijven hoe de moleculen bewegen in een vaste stof, een vloeistof en een gas.

2.1.3 Je kunt uitleggen wat er met de moleculen gebeurt bij de verschillende faseovergangen.

2.1.4 Je kunt het ontstaan van mist, dauw en rijp toelichten met behulp van het deeltjesmodel.

EXTRA 2.1.5 Je kunt de kenmerkende structuur van ijskristallen in sneeuw beschrijven en verklaren.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.1.4	2.1.5
Onthouden	1ab, 4	3abc, 6abc	2, 5		
Begrijpen	7acd	10ab	7b, 8, 10c	9abcde	12abcd, 13a
Toepassen				11ab	13b
Analyseren					

Om tien uur 's ochtends is de lucht nog strakblauw, maar daarna komen er steeds meer wolken aan de hemel. Na een paar uur is het halfbewolkt geworden. Waar komen al die wolken vandaan?

WEERSVERSCHIJNSELEN

Veel weersverschijnselen komen voor je gevoel uit het niets tevoorschijn:

- Op een mooie zomerochtend verschijnen er steeds meer wolkjes aan de blauwe lucht.
- Na een koude nacht in augustus is het gras in de tuin kletsnat van de dauw (figuur 1).
- Aan het einde van een rustige herfstdag zie je mist ontstaan boven sloten en vijvers.



figuur 1 Dauw.

Maar dezelfde verschijnselen kunnen ook weer zomaar verdwijnen:

- Aan het einde van een mooie zomerdag lossen de mooiweerwolken langzaam weer op.
- Aan het einde van de ochtend is de dauw verdwenen en voelt het gras weer droog aan.
- Op een mistige herfstochtend breekt opeens de zon door en laat de mist snel verdwijnen.

Hoe kunnen wolken, dauw en mist zomaar ontstaan en ook zomaar weer verdwijnen? Deze vraag kun je beantwoorden met een model dat veel bij de vakken natuurkunde en scheikunde wordt gebruikt. Daarover leer je meer in deze paragraaf.

DE MOLECULEN VAN EEN STOF

Wetenschappers hebben ontdekt dat stoffen bestaan uit heel kleine deeltjes die **moleculen** worden genoemd. Elke stof heeft zijn eigen soort moleculen. In water vind je andere moleculen dan in zuurstof of in suiker. Water bestaat uit watermoleculen, zuurstof uit zuurstofmoleculen, suiker uit suikermoleculen.

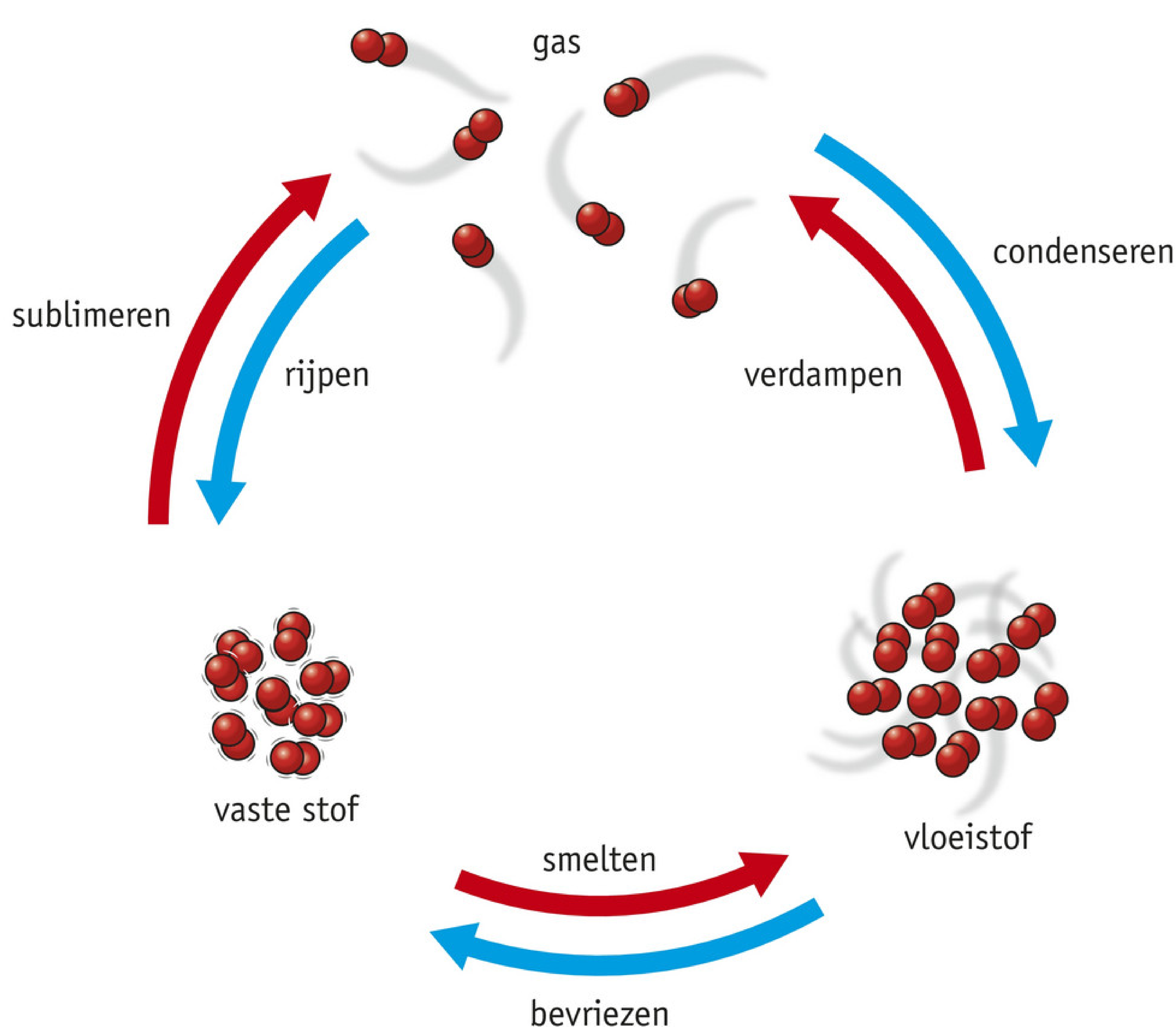
Je kunt niet zien hoe de moleculen van een stof zich gedragen. Je kunt wel proberen om je dat voor te stellen. Je probeert dan voor je te zien wat moleculen doen en hoe ze elkaar beïnvloeden. Zo kun je je een beeld vormen van wat een stof is. Zo'n beeld noem je ook wel een 'model'.

In de natuurkunde wordt vaak gebruikgemaakt van het **deeltjesmodel**. Moleculen hebben in dit model de volgende eigenschappen.

- *De moleculen van een stof veranderen niet.*
  Of een stof nu vast, vloeibaar of gasvormig is, je hebt steeds dezelfde moleculen. Ook al verandert de **fase**, de moleculen zelf veranderen niet.
- *De moleculen van een stof bewegen voortdurend.*
  Moleculen zijn onophoudelijk in beweging. Hoe hoger de temperatuur, des te sneller ze bewegen.
- *De moleculen van een stof trekken elkaar aan.*
  De aantrekkingskracht wordt groter als de moleculen dichter bij elkaar komen. De kracht wordt weer kleiner als ze bij elkaar vandaan bewegen.

FASEN EN FASEOVERGANGEN

Met het deeltjesmodel van een stof kun je je de fasen en de **faseovergangen** voorstellen zoals in figuur 2 is weergegeven.



figuur 2 De fasen in het deeltjesmodel.

Vaste stof
In een vaste stof hebben alle moleculen een eigen, vaste plaats. De moleculen bewegen op die vaste plaats heel snel heen en weer: ze zijn voortdurend in trilling. De afstand tussen de moleculen is klein en de onderlinge aantrekkingskracht is groot.

Als de temperatuur stijgt, gaan de moleculen heviger trillen. De afstand tussen de moleculen wordt dan groter en de stof zet uit. Hierdoor neemt de onderlinge aantrekkingskracht af. Bij een bepaalde temperatuur (het smeltpunt) is de aantrekkingskracht te klein om de moleculen op hun vaste plaats te houden. De stof smelt dan en wordt vloeibaar.

Vloeistof
De moleculen in een vloeistof bewegen langs en door elkaar heen. Ze hebben geen vaste plaats meer. De onderlinge aantrekkingskracht is kleiner dan bij een vaste stof. Toch is die kracht nog wel groot genoeg om de moleculen bij elkaar te houden.

De snelheid van sommige moleculen is zo groot dat ze uit de vloeistof kunnen ontsnappen. Dat heeft tot gevolg dat de vloeistof langzaam verdampt. Hoe hoger de temperatuur, hoe groter de snelheid van de moleculen. Des te gemakkelijker zullen ze uit de vloeistof ontsnappen.

Gas
De moleculen van een gas bewegen los van elkaar door de ruimte waar het gas in zit. De afstand tussen de moleculen is erg groot en de onderlinge aantrekkingskracht is erg klein.

Een gas kun je gemakkelijk samenpersen (figuur 3). Dat komt doordat er bij een gas veel lege ruimte tussen de moleculen zit. Daardoor kost het weinig moeite het volume kleiner te maken. Er blijft genoeg ruimte over voor de moleculen.

Bij vaste stoffen en vloeistoffen is dat anders. Daarin zitten de moleculen al erg dicht op elkaar, met weinig tussenruimte. Vaste stoffen en vloeistoffen kun je niet of nauwelijks samenpersen.



figuur 3 Sportduikers gebruiken flessen met samengeperste lucht.

FASEOVERGANGEN EN HET WEER
Lucht is een mengsel van verschillende gassen. Dat betekent dat lucht uit verschillende soorten moleculen bestaat. Stikstofmoleculen en zuurstofmoleculen komen het meest voor. Maar in lucht kom je ook altijd watermoleculen tegen, in wisselende hoeveelheden.

Dat gasvormige water noem je **waterdamp**. Net als stikstof en zuurstof is het een onzichtbaar gas.

Stikstof en zuurstof zijn gasvormig onder gewone aardse omstandigheden. Je kunt deze stoffen alleen vloeibaar maken met speciale apparatuur. Met waterdamp is dat anders. Dat begint al snel te condenseren als de temperatuur daalt. De watermoleculen blijven dan aan elkaar vastzitten en vormen kleine waterdruppeltjes.

Condenseren speelt een belangrijke rol bij weersverschijnselen zoals mist en dauw. De onzichtbare waterdamp in de lucht koelt af en condenseert tot kleine waterdruppeltjes. Die druppels kun je wel zien: het lijkt daardoor alsof het water uit het niets verschijnt. Als de temperatuur stijgt, gebeurt het omgekeerde: de waterdruppels verdampen weer en lijken zomaar te verdwijnen.

Als de temperatuur onder het vriespunt ligt, ontstaat er geen dauw, maar rijp. Rijp bestaat uit talloze kleine, naaldvormige ijskristallen. De waterdamp in de lucht verandert in ijs zonder eerst vloeibaar te worden. Dat noem je rijpen (figuur 4).

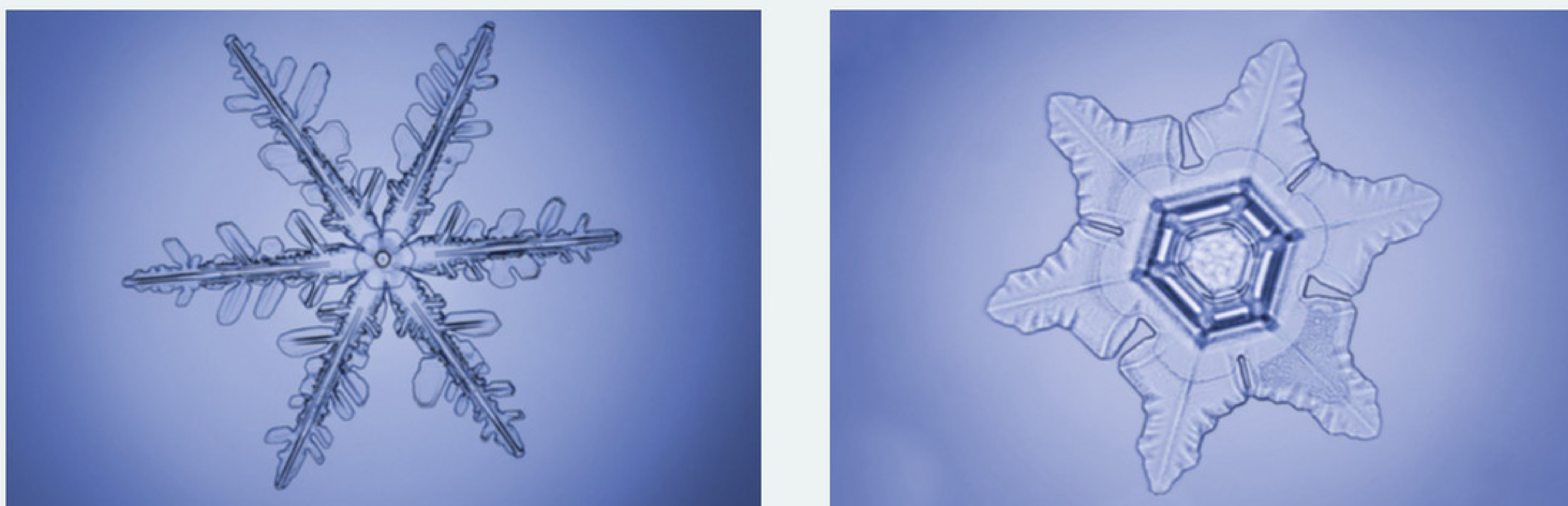


figuur 4 Rijp op een stuk prikkeldraad.

EXTRA IJSKRISTALLEN

Veel stoffen vormen kristallen als ze een vaste vorm aannemen. Kristallen hebben een regelmatige structuur die kenmerkend is voor de stof waaruit ze bestaan. Een bekend voorbeeld is de zeshoekige vorm van ijskristallen in sneeuw (figuur 5). De ijskristallen kunnen er heel verschillend uitzien, maar hebben allemaal dezelfde kenmerkende, zeshoekige structuur.

figuur 5 Twee heel verschillende ijskristallen, maar met dezelfde basisstructuur.



Dat kristallen een regelmatige structuur hebben, kun je verklaren met het deeltjesmodel. Omdat de moleculen van een stof allemaal gelijk zijn, vormen ze vanzelf regelmatige structuren als ze tegen elkaar aan komen te liggen. Zo ontstaat een kristalrooster waarin elk molecuul een vaste plaats heeft.

De ijskristallen in sneeuw ontstaan als watermoleculen in koude lucht zich hechten aan een rondzwevend stofdeeltje. Dit microscopisch kleine ijskristal heeft al een zeshoekige structuur. Het kristal groeit daarna snel, doordat nieuwe watermoleculen vast komen te zitten aan een van de zes uiteinden. Zo kan in ongeveer een half uur tijd een prachtig vertakt, zeshoekig ijskristal groeien.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

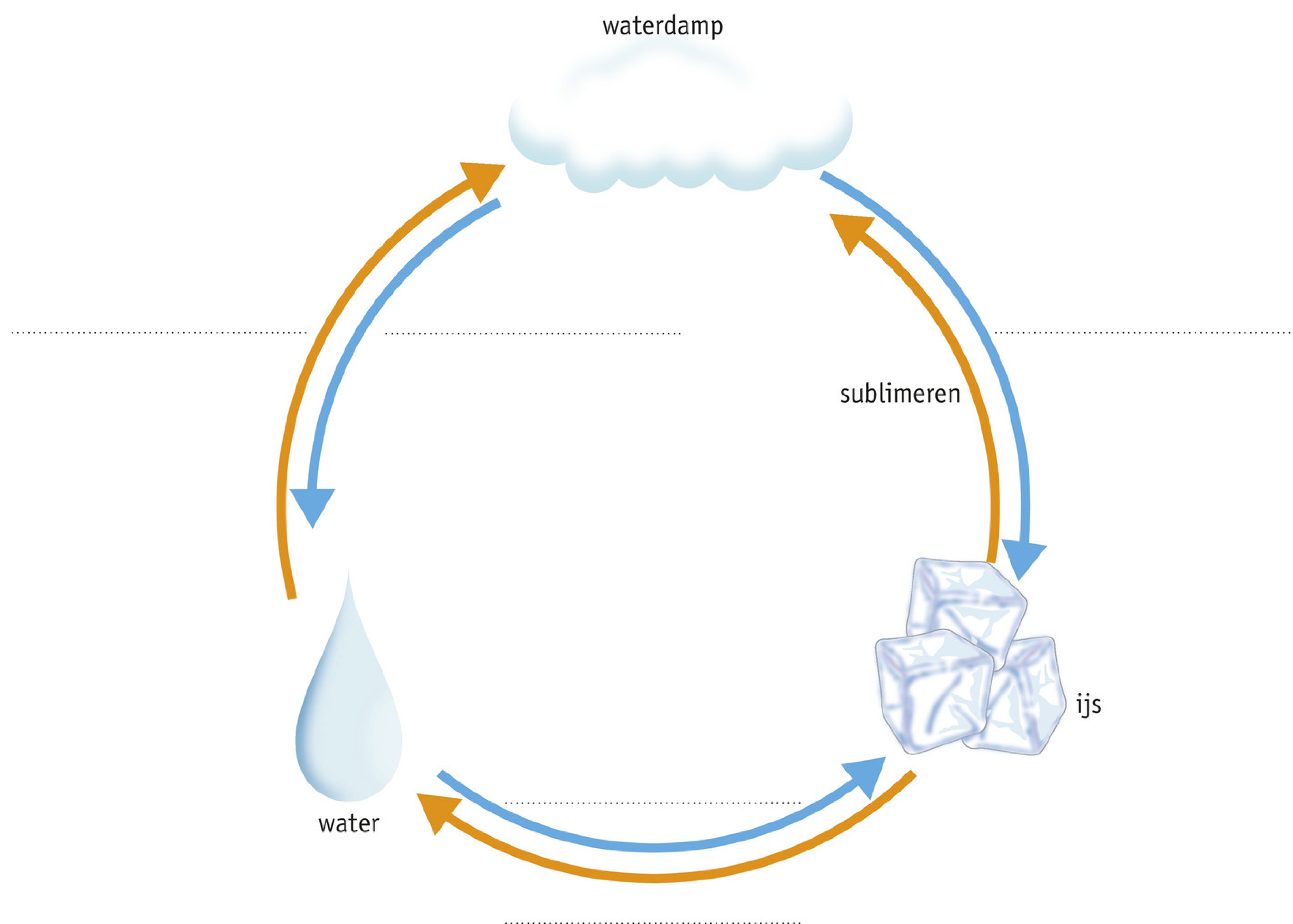
1 Vul in.

a Iedere stof heeft zijn .... moleculen.

b Welke eigenschappen hebben de moleculen volgens het deeltjesmodel?

- De moleculen van een stof ....
- De moleculen van een stof ....
- De moleculen van een stof ....

2  Faseovergangen spelen een belangrijke rol in het weer.
In figuur 6 zijn de faseovergangen als pijlen getekend.
Noteer bij elke pijl de juiste faseovergang. Voor één overgang is de naam al gegeven.
Kies uit: *rijpen – bevriezen – smelten – verdampen – condenseren*.



figuur 6 De faseovergangen in schema.

3 De meeste stoffen kunnen in drie fasen voorkomen.

a In welke fase is de gemiddelde snelheid van de moleculen het grootst?
- ○ A in de vaste fase
- ○ B in de vloeibare fase
- ○ C in de gasvormige fase

b In welke fase zijn de krachten tussen de moleculen het grootst?
- ○ A in de vaste fase
- ○ B in de vloeibare fase
- ○ C in de gasvormige fase

c In welke fase is de ruimte tussen de moleculen het grootst?
- ○ A in de vaste fase
- ○ B in de vloeibare fase
- ○ C in de gasvormige fase

4 Wat gebeurt er met de moleculen als de temperatuur van een stof toeneemt?
- ○ A De moleculen gaan langzamer bewegen.
- ○ B De moleculen gaan sneller bewegen.
- ○ C De moleculen worden groter.
- ○ D De moleculen worden kleiner.

5 ’s Winters kunnen bomen er wit uitzien door rijp.

Rijp ontstaat als .... ijs wordt.

6 Het deeltjesmodel beschrijft hoe moleculen in de verschillende fasen van een stof bewegen.

a Hoe bewegen de moleculen in een vaste stof?

....

....

b Hoe bewegen de moleculen in een vloeistof?

....

....

c Hoe bewegen de moleculen in een gas?

....

....

TOEPASSING

7 De volgende uitspraken zijn fout.
Leg met behulp van het deeltjesmodel uit hoe het wél zit.

a De moleculen van ijs zijn koud, de moleculen van kokend water zijn heet.

....

....

....

....

b Als ijs smelt, veranderen de ijsmoleculen in watermoleculen.

....

....

....

....

c Als de temperatuur van een stof toeneemt, worden de moleculen groter.

....

....

....

....

d Tussen de moleculen van een gas zit veel lucht.

....

....

....

8 Als het buiten koud is, zie je soms een wit nevelwolkje uit je mond komen.
Hoe komt het dat je geen nevelwolkje ziet als het buiten warm is?

- ○ A De druppeltjes in de uitgeademde lucht zijn dan veel kleiner.
- ○ B De uitgeademde lucht bevat dan bijna geen waterdamp.
- ○ C De waterdamp in de uitgeademde lucht condenseert dan niet.
- ○ D De waterdamp in de uitgeademde lucht verdampt dan niet.

9 Met welke faseovergang heb je te maken:

a als het begint te misten laat in de middag in de herfst? met ....

b als de straten 's winters spiegelglad worden door ijzel? met ....

c als in een koude winternacht het gras wit wordt zonder dat het sneeuwt? met ....

d als het gras in een heldere zomernacht nat wordt door de dauw? met ....

e als de straten na een zomerse regenbui weer opdrogen in de zon? met ....

10 Gassen kun je gemakkelijk samenpersen. Dat merk je bijvoorbeeld als je een band oppompt. De samengeperste lucht geeft de band zijn stevigheid.

a Hoe komt het dat je gassen gemakkelijk kunt samenpersen?

....

....

....

b Waardoor lukt dat niet met een vaste stof of een vloeistof?

....

....

....

c Je ziet drie faseovergangen en drie omschrijvingen.
Koppel de juiste omschrijving aan elke faseovergang.

A condenseren ○	○ 1	Sommige waterdampmoleculen gaan zeer langzaam bewegen. Deze 'langzame' watermoleculen komen in de buurt van ijsmoleculen die op een vaste plek zitten (bijvoorbeeld op een tak). De ijsmoleculen en het waterdampmolecuul trekken elkaar aan en vormen een ijskristal dat steeds groter wordt.
B rijpen ○	○ 2	Waterdampmoleculen gaan langzamer bewegen. Hierdoor zullen langzaam bewegende watermoleculen die bij elkaar in de buurt komen elkaar aantrekken en een druppel vormen.
C verdampen ○	○ 3	Watermoleculen gaan sneller bewegen. De snelheid van sommige moleculen wordt zo groot dat ze uit de vloeistof kunnen ontsnappen.

★ 11 In de zomer zie je weleens nevel boven de weg hangen. Dat gebeurt als de zon meteen weer begint te schijnen na een regenbui (figuur 7).

a Hoe kan die nevel ontstaan?

....

....

....

....

....

....

b Na verloop van tijd is de nevel verdwenen.
Leg uit welke faseovergang heeft plaatsgevonden.

....

....

....

....



figuur 7 Een dampende weg.

EXTRA IJSKRISTALLEN

12 Lees de vier beweringen over de moleculen in een ijskristal.
Kies steeds de juiste mogelijkheid.

a De moleculen bewegen helemaal niet; ze staan helemaal stil. *waar / onwaar*
b De moleculen hebben allemaal hun eigen plaats in het kristal. *waar / onwaar*
c De moleculen hebben een heel verschillende grootte en vorm. *waar / onwaar*
d De moleculen zijn volgens een vast patroon gerangschikt. *waar / onwaar*

★ 13 Leg uit met het deeltjesmodel hoe het mogelijk is:

a dat alle sneeuwkristallen dezelfde zeshoekige basisstructuur hebben.

....

....

....

....

b dat je geen twee sneeuwkristallen kunt vinden die precies aan elkaar gelijk zijn.

....

....

....

....

....

....

....


Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Luchtdruk

LEERDOELEN

2.2.1 Je kunt uitleggen hoe de luchtdruk op het aardoppervlak en op jezelf ontstaat.
2.2.2 Je kunt beschrijven op welke manier je de grootte van de luchtdruk kunt meten.
2.2.3 Je kunt de kenmerken van lagedrukgebieden en hogedrukgebieden benoemen.
2.2.4 Je kunt het verband beschrijven tussen de luchtdruk en de hoogte in de atmosfeer.
2.2.5 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met de gasdruk in een afgesloten ruimte.
2.2.6 Je kunt beschrijven op welke manier je de grootte van de gasdruk kunt meten.
2.2.7 Je kunt de absolute druk berekenen als je de overdruk kent, en omgekeerd.
EXTRA 2.2.8 Je kunt vier verschillende eenheden van druk herkennen en omrekenen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	2.2.1	2.2.2	2.2.3	2.2.4	2.2.5	2.2.6	2.2.7	2.2.8
Onthouden		1ab	2, 3ab, 11bdf	4ab	5		6, 12b	13abc
Begrijpen		7ab	8abcd	9ac		12ac	12d	14acd
Toepassen				9b, 10ab				14b
Analyseren	9d		11ace					

In het weerbericht hoor je voorspellingen over de temperatuur en de windkracht. Zo nu en dan wordt ook de luchtdruk genoemd. Wat heeft de luchtdruk eigenlijk met het weer te maken?

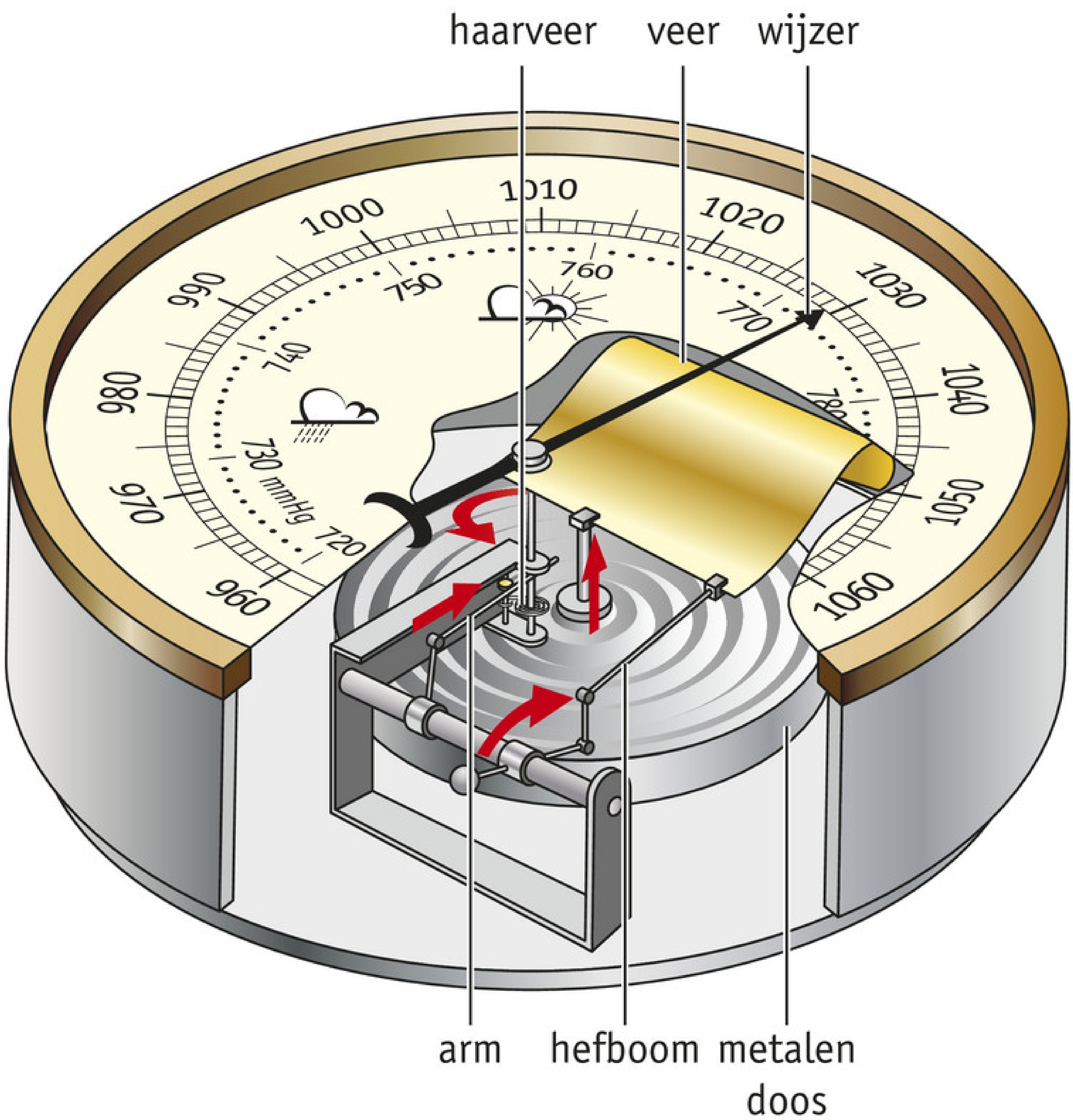
DE LUCHTDRUK METEN

Boven je hoofd bevindt zich een laag lucht die tientallen kilometers hoog is. Naar boven toe wordt de lucht steeds ijler: het aantal moleculen per liter lucht neemt steeds verder af. Al die lucht boven je in de atmosfeer heeft een behoorlijk gewicht. Daardoor oefent de lucht druk uit op het aardoppervlak en op je lichaam. Dat noem je de **luchtdruk**.

Met een **barometer** kun je meten hoe groot de luchtdruk is. In figuur 1 zie je hoe een **metaalbarometer** werkt. In zo'n barometer zit een metalen doosje waar de lucht grotendeels uit is gepompt. De gegolfde bovenkant van dit doosje is erg dun en kan gemakkelijk op en neer bewegen. Een veer in het doosje voorkomt dat de luchtdruk het doosje helemaal in elkaar drukt.

Het doosje reageert op veranderingen in de luchtdruk. Als de luchtdruk groter wordt, wordt de bovenkant van het doosje naar beneden geduwd. Als de luchtdruk daalt, veert de bovenkant weer terug. Deze bewegingen worden overgebracht op een wijzer. Die geeft op een wijzerplaat de grootte van de luchtdruk aan.

Op veel barometers staat de grootte van de luchtdruk aangegeven in **millibar** (mbar). De officiële natuurkundige drukeenheid is de pascal (Pa). Per definitie geldt: 1 bar = 1000 mbar = 100 000 Pa. Daaruit volgt dat 1 mbar gelijk is aan 100 Pa.



figuur 1 Zo werkt een barometer. In de tekening is de luchtdruk aan het dalen, zie de rode pijl in het midden die omhoog wijst.

HOGE DRUK EN LAGE DRUK

Als je elke dag een barometer afleest, merk je dat de luchtdruk niet altijd even hoog is. Op zeeniveau ligt de luchtdruk meestal tussen 970 en 1040 mbar. Wanneer de luchtdruk ergens lager is dan in de omgeving, heb je te maken met een **lagedrukgebied**. Is de luchtdruk ergens hoger dan in de omgeving, dan heb je te maken met een **hogedrukgebied**.

Een lagedrukgebied brengt vaak onrustig weer met veel wind en neerslag (figuur 2). In een hogedrukgebied is het weer meestal rustig en zonnig. Je kunt een barometer dus gebruiken als hulpmiddel om het weer te voorspellen. Als de luchtdruk stijgt, is dat een aanwijzing dat het weer zal verbeteren. Als de luchtdruk daalt, is de kans groot dat het weer gaat verslechteren.

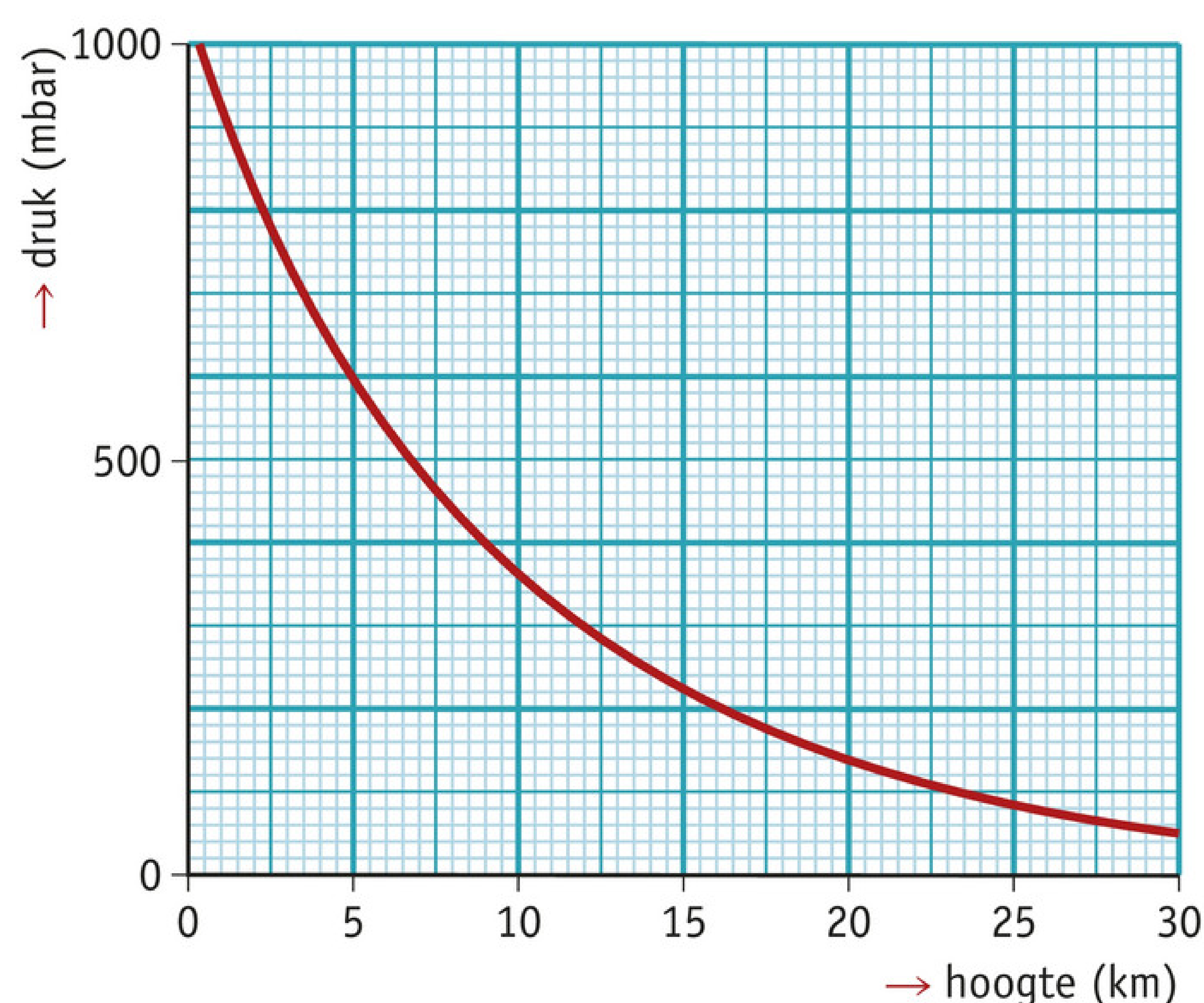


figuur 2 Een lagedrukgebied trekt over Nederland.

LUCHTDRUK EN HOOGTE

Meestal merk je weinig van de luchtdruk. Dat komt doordat de holle ruimtes in je lichaam, zoals de neusholte, mondholte, keelholte en de longen met lucht zijn gevuld. Die lucht zorgt voor een tegendruk die even groot is als de luchtdruk van buitenaf. Hierdoor voel je niet dat de lucht op je lichaam drukt. Alleen als je snel stijgt of daalt, voel je aan de druk in je oren dat de luchtdruk er is.

Hoe hoger je in de atmosfeer komt (gemeten vanaf zeeniveau), des te minder lucht er boven je is. De luchtdruk neemt dus af met de hoogte. Uit de afname van de luchtdruk kun je afleiden hoeveel meter je bent gestegen. Je kunt een barometer dus ook gebruiken als hoogtemeter. In figuur 3 is getekend hoe de luchtdruk afhangt van de hoogte waarop je je bevindt.



figuur 3 Hoe hoger je komt, hoe lager de luchtdruk is.

DE DRUK IN EEN RUIMTE

PROEF 1

Als je lucht in een afgesloten ruimte pompt, loopt de druk in die ruimte steeds verder op. Dat komt doordat de moleculen van de lucht kriskras door de hele ruimte bewegen. Daarbij botsen ze regelmatig tegen de wanden op. Al die botsingen bij elkaar zorgen voor een constante druk op de wanden. Die druk noem je de **gasdruk**.

Hoe meer gasmoleculen je in een ruimte perst, des te hoger de gasdruk wordt. Dat merk je als je een fietsband oppompt (figuur 4). De band wordt steeds harder. Je moet stoppen met pompen als de druk hoog genoeg is. Als je dat niet doet, kan de band klappen.



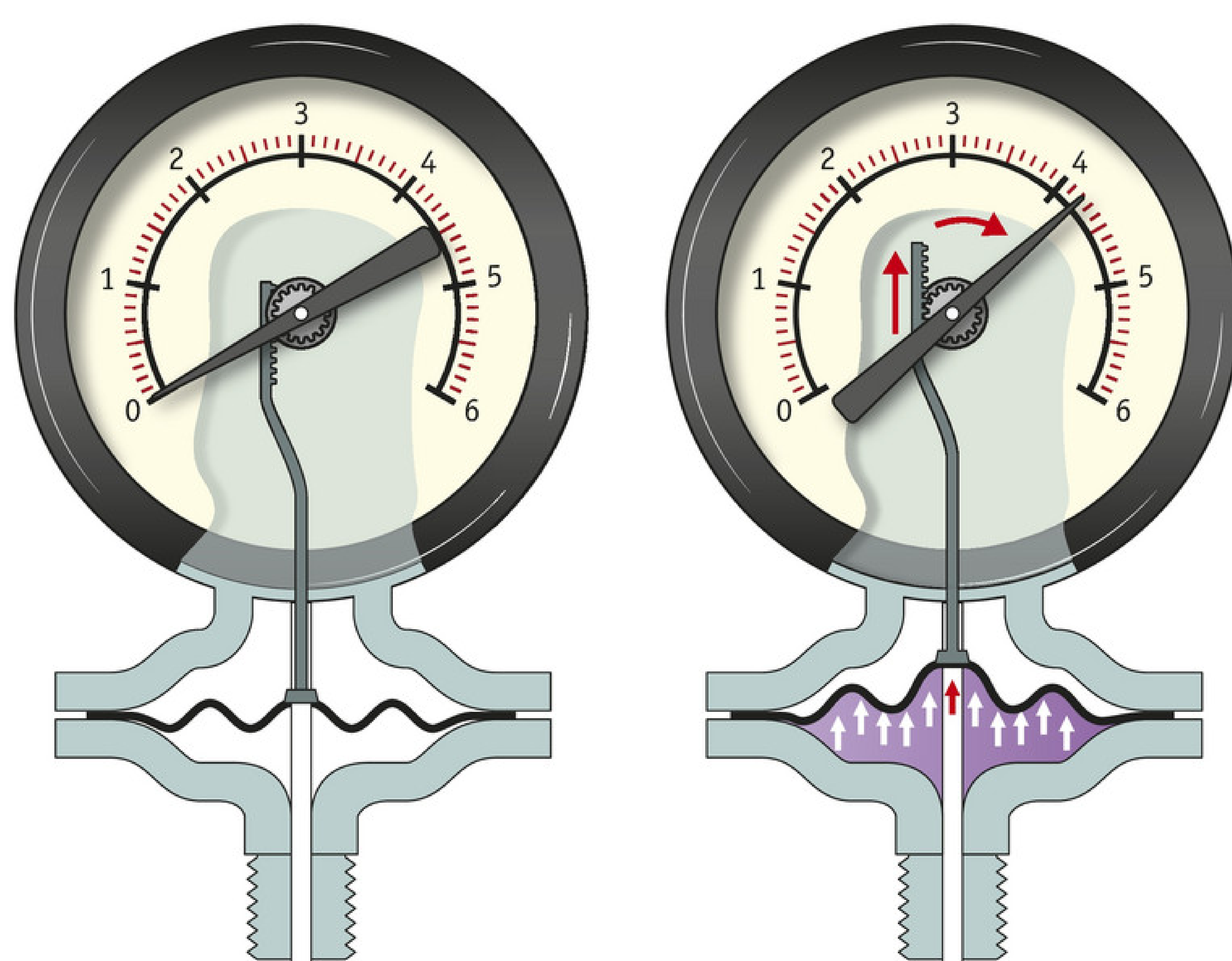
figuur 4 Een fietsband oppompen.

DE OVERDRUK METEN

Als je de druk in een fietsband meet, meet je meestal niet de echte druk, maar de **overdruk**. De overdruk is het verschil tussen de luchtdruk buiten en de druk in de band. De echte druk in de band vind je door de overdruk op te tellen bij de luchtdruk. Deze druk noem je de **absolute druk**. Voor de absolute druk geldt dus de formule:

absolute druk = luchtdruk + overdruk

Om de druk in een fietsband te meten, gebruik je een **manometer** (figuur 5). De werking lijkt veel op die van een barometer. De druk van de lucht in de band duwt een membraan (een gegolfd metalen plaatje) naar boven. De beweging wordt overgebracht op een wijzer, die de overdruk van de lucht aangeeft. Meestal gebeurt dat in de eenheid bar.



figuur 5 Het meten van de overdruk met een manometer.

EXTRA DRUKEENHEDEN

Voor het meten van druk worden allerlei eenheden gebruikt. Natuurkundigen gebruiken de pascal (Pa). Dit is een heel kleine eenheid. De luchtdruk op zeeniveau schommelt bijvoorbeeld rond de 100 000 Pa. Weerkundigen gebruiken vaak de hectopascal (hPa).
1 hPa = 100 Pa.

Op manometers waarmee je de druk in een band meet, wordt behalve de eenheid bar ook de eenheid atmosfeer (atm) gebruikt:
1 atm = 101 325 Pa

Op metaalbarometers vind je vaak de eenheid millibar (mbar):
1 mbar = 100 Pa = 1 hPa

Een huisarts meet je bloeddruk in millimeter kwikdruk (mm Hg):
1 mm Hg = 133 Pa

Automonteurs, weerkundigen en artsen zijn gewend aan hun eigen drukeenheden. Dus blijven ze die gebruiken, ook al is dat best verwarrend.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een arts meet Antoinettes bloeddruk (figuur 6). Zij meet een bovendruk van 125 mm Hg en een onderdruk van 78 mm Hg.
Bereken de bovendruk en de onderdruk in Pa.

1 mm Hg = 133 Pa
bovendruk = 125 × 133 Pa = 16 625 Pa
onderdruk = 78 × 133 Pa = 10 374 Pa



figuur 6 Een arts meet Antoinettes bloeddruk tijdens een sportkeuring.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 In een barometer zit een metalen doosje waar de lucht grotendeels uit is gepompt.

a Wat gebeurt er met het doosje als de luchtdruk daalt?
- ○ A Er gebeurt niets met het doosje.
- ○ B Het doosje veert weer terug.
- ○ C Het doosje wordt verder in elkaar gedrukt.

b Wat gebeurt er met het doosje als de luchtdruk stijgt?
- ○ A Er gebeurt niets met het doosje.
- ○ B Het doosje veert weer terug.
- ○ C Het doosje wordt verder in elkaar gedrukt.

2 Vul de juiste getallen in.

De luchtdruk op zeeniveau ligt meestal tussen .... mbar

en .... mbar.

3 Kies de juiste woorden.

a Veel wind en neerslag horen meestal bij gebieden met een *hoge* / *lage* luchtdruk.

b Mooi weer met zonneschijn hoort meestal bij gebieden met een *hoge* / *lage* luchtdruk.

4 Kies de juiste woorden.

a Hoe hoger in de atmosfeer, hoe *hoger* / *lager* de luchtdruk.

b Hoe lager in de atmosfeer, hoe *hoger* / *lager* de luchtdruk.

5 Wat veroorzaakt de hoge gasdruk in de fietsband?
- ○ A De moleculen botsen met enorme aantallen tegen de wand aan.
- ○ B De moleculen botsen steeds meer tegen elkaar aan.
- ○ C De moleculen liggen zo dicht op elkaar, dat er geen plaats meer is voor nieuwe moleculen.
- ○ D De moleculen stoten elkaar af en duwen daardoor tegen de wand aan.

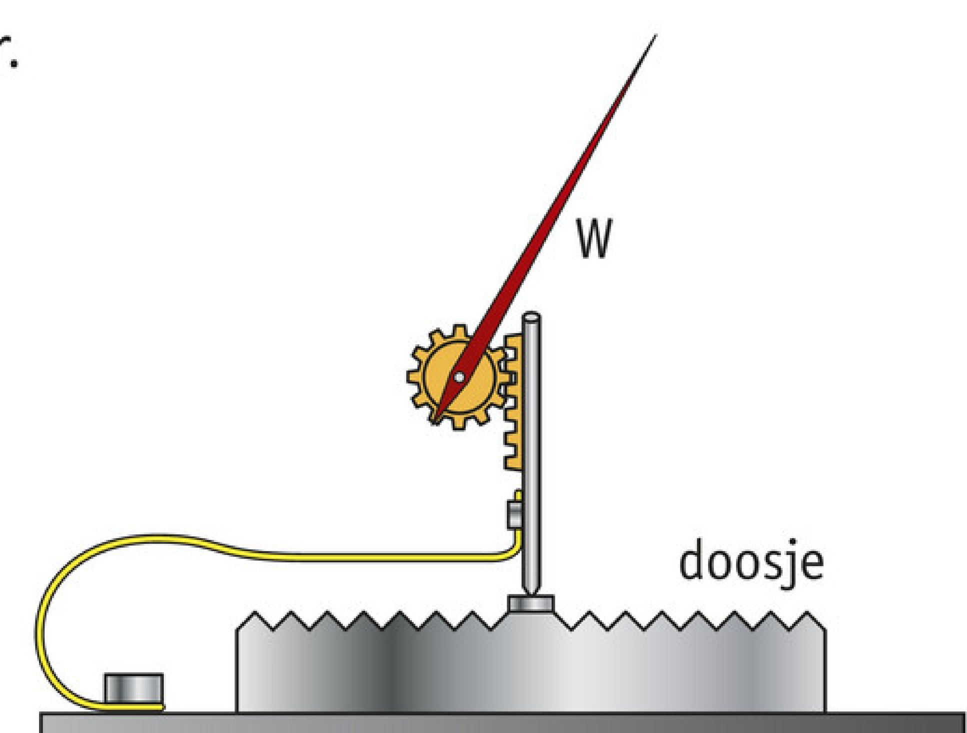
6 Om de echte druk in een band te weten, moet je:
- ○ A de absolute druk optellen bij de luchtdruk.
- ○ B de luchtdruk aftrekken van de overdruk.
- ○ C de luchtdruk en de overdruk bij elkaar optellen.
- ○ D de overdruk optellen bij de absolute luchtdruk.

TOEPASSING

7 In figuur 7 zie je een vereenvoudigde tekening van een barometer.
De luchtdruk is aan het stijgen.
Kies de juiste woorden.

a De bovenkant van het doosje beweegt *omhoog* / *naar beneden*.

b De wijzer W beweegt naar *links* / *rechts*.



figuur 7 Wat gebeurt er als de luchtdruk stijgt?

8 Zie de vaardigheid *Werken met grootheden en eenheden*.
Reken om en vul in.

a 970 mbar = ... Pa

b 1010 mbar = ... Pa

c 102 000 Pa = ... mbar

d 97 500 Pa = ... mbar



Meer oefening nodig met het *Omrekenen van eenheden*?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 2 Luchtdruk.

★ 9  De Dode Zee is de laagste plek op aarde. Deze zee ligt 418 m onder zeeniveau (figuur 8).

a 418 m onder zeeniveau is gelijk aan .... km onder zeeniveau.

b Teken in figuur 9 met een vloeiende lijn hoe de druk verloopt bij hoogten onder zeeniveau.

c De gemiddelde luchtdruk op zeeniveau is 1000 mbar.
Wat kun je zeggen over de gemiddelde luchtdruk aan de oevers van de Dode Zee?
- ○ A Die is lager dan 1000 mbar.
- ○ B Die is gelijk aan 1000 mbar.
- ○ C Die is hoger dan 1000 mbar.

d Leg je keuze bij opdracht c uit. Gebruik bij je antwoord ‘de lucht boven je’.

....

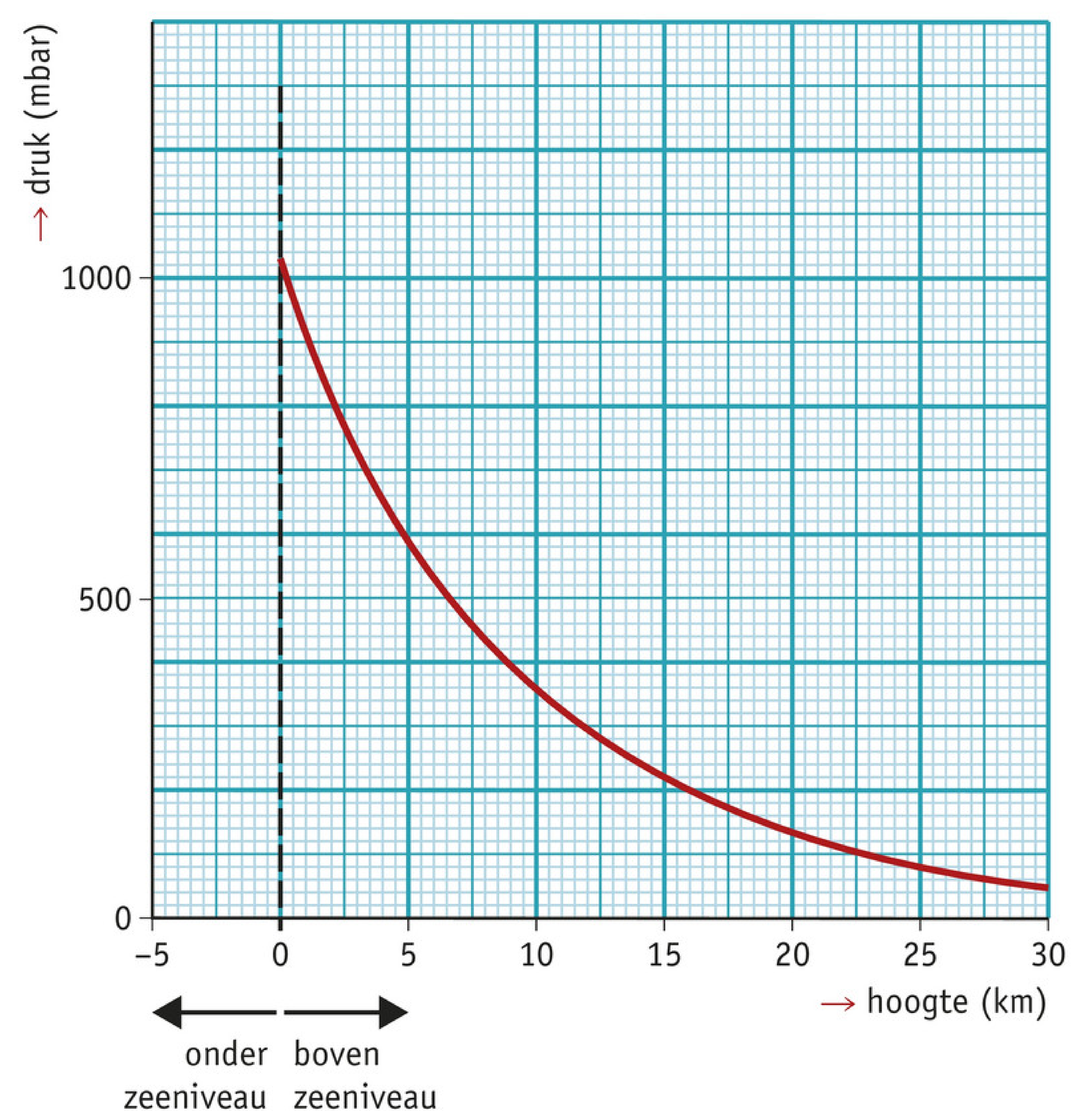
....

....

....



figuur 8 Zo diep ligt de Dode Zee onder zeeniveau.



figuur 9 De druk op verschillende hoogtes.

Werken als ballonpiloot beroep



Leon (35 jaar) heeft na het vmbo (k) een opleiding tot Commercieel medewerker gedaan. Daarna werkte hij bijna tien jaar voor een technische groothandel. Sinds drie jaar heeft hij zijn eigen ballonbedrijf. Daar heeft hij flink voor moeten studeren. Eerst heeft hij moeten leren voor de theorievakken weerkunde, navigatie, ballonvaren en materialen. Daarna heeft hij 16 lesvaarten moeten maken en solo moeten vliegen. Na de examens heeft hij zijn vliegbrevet gekregen en kan hij klanten meenemen op een ballonvaart.

10 Lees de tekst ‘Werken als ballonpiloot’. Leon is eerste piloot van een ballonbedrijf. Voor een vlucht vertelt hij de passagiers waarom hij een barometer aan boord heeft: “Met een barometer kun je je hoogte bepalen. Als vuistregel kun je aannemen dat een drukverschil van 10 mbar overeenkomt met een hoogteverschil van 80 m. Dat is niet exact, maar voor de hoogte waarop wij vliegen, is het nauwkeurig genoeg.”
In tabel 1 zie je hoe de druk de eerste vijf minuten van de ballonvaart afneemt.

a Bereken hoe groot het drukverschil elke keer is. Noteer de uitkomsten in de tabel.

b Bereken hoe groot de hoogte elke keer is. Noteer ook deze uitkomsten in de tabel.

tabel 1 Een ballonvaart.

tijd (min)	druk (mbar)	drukverschil (mbar)	hoogte (m)
0	1015	0	0 × 80 = 0
1	988	27	2,7 × 80 = 216
2	976		
3	970		
4	965		
5	962		

★ 11 Bekijk het weerkaartje in figuur 10. Hierin zie je lijnen (isobaren) waarop de luchtdruk overal dezelfde waarde heeft.

a Hoe hoog is de luchtdruk in het hogedrukgebied, aangegeven met een rode H?

....

....

....

....

b Hoe is het weer in dat gebied?

....

....

c Hoe hoog is de luchtdruk in het lagedrukgebied, aangegeven met een rode L?

....

....

....

d Hoe is het weer in Engeland?

....

....

e Hoe hoog is de luchtdruk in Nederland?

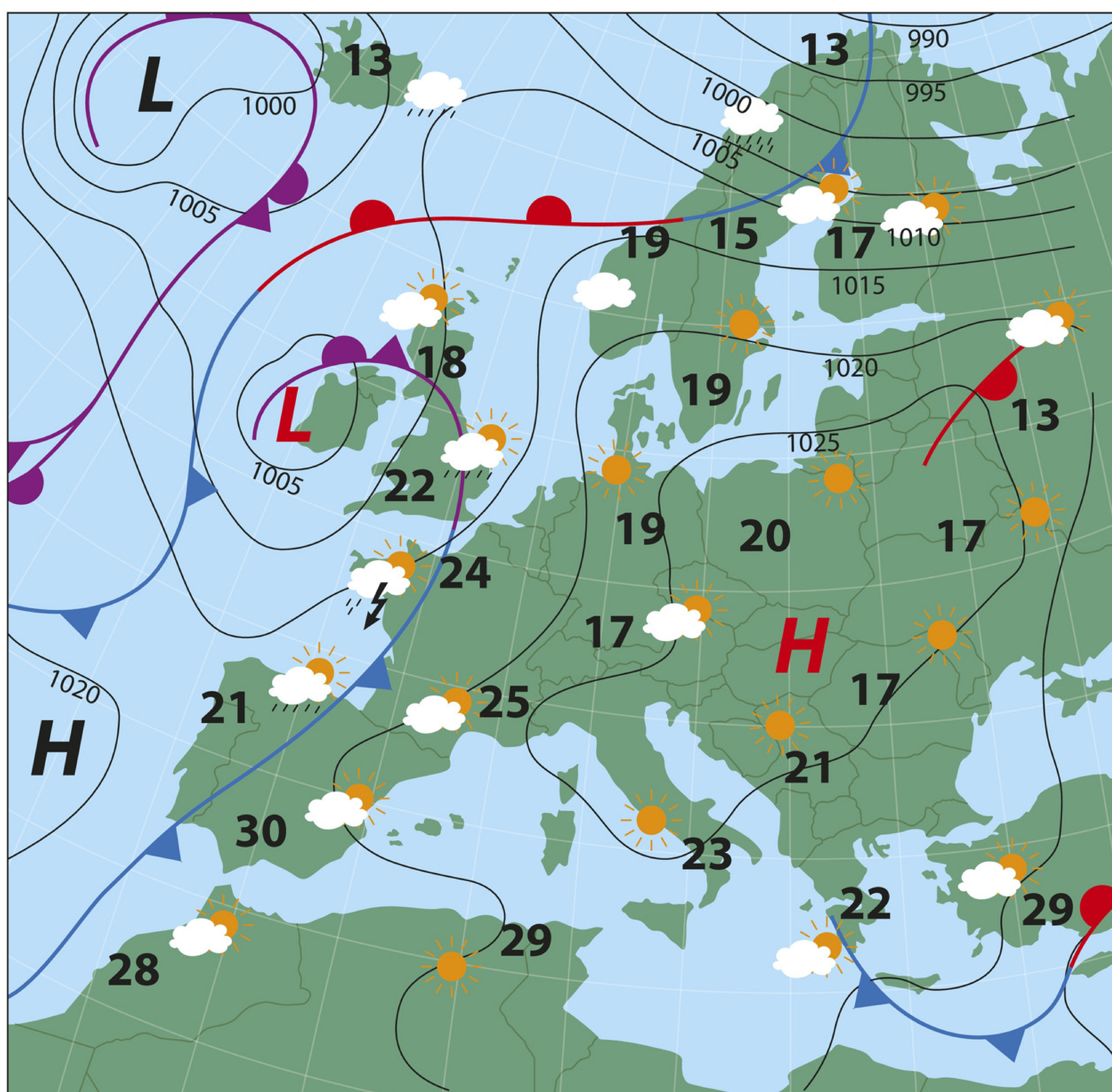
....

....

f Stel dat de luchtdruk in Nederland hierna snel gaat dalen.
Hoe verandert het weer dan meestal in zo'n geval?

....

....



figuur 10 Een weerkaart van Europa.

★ 12 Jacob is in Zwitserland op vakantie en meet de bandenspanning van zijn fietsband met het apparaat in figuur 11. In de gebruiksaanwijzing wordt het apparaatje omschreven als een 'bandenspanningsmeter'.

a Wat is de natuurkundige naam voor zo'n apparaat?
- ○ A een barometer
- ○ B een manometer
- ○ C een thermometer

b Wat meet de bandenspanningsmeter?
- ○ A de absolute druk in de band
- ○ B de luchtdruk buiten de band
- ○ C de overdruk in de band

c Het meetbereik van de bandenspanningsmeter is 0 – 6 bar.
Lees af hoe groot de overdruk is die Jacob meet.

....

....

....

d Jacob deed zijn meting op een hoogte van 2000 m.
Bereken de absolute druk die hoort bij deze overdruk. Gebruik bij je berekening figuur 3.

....

....

....

....

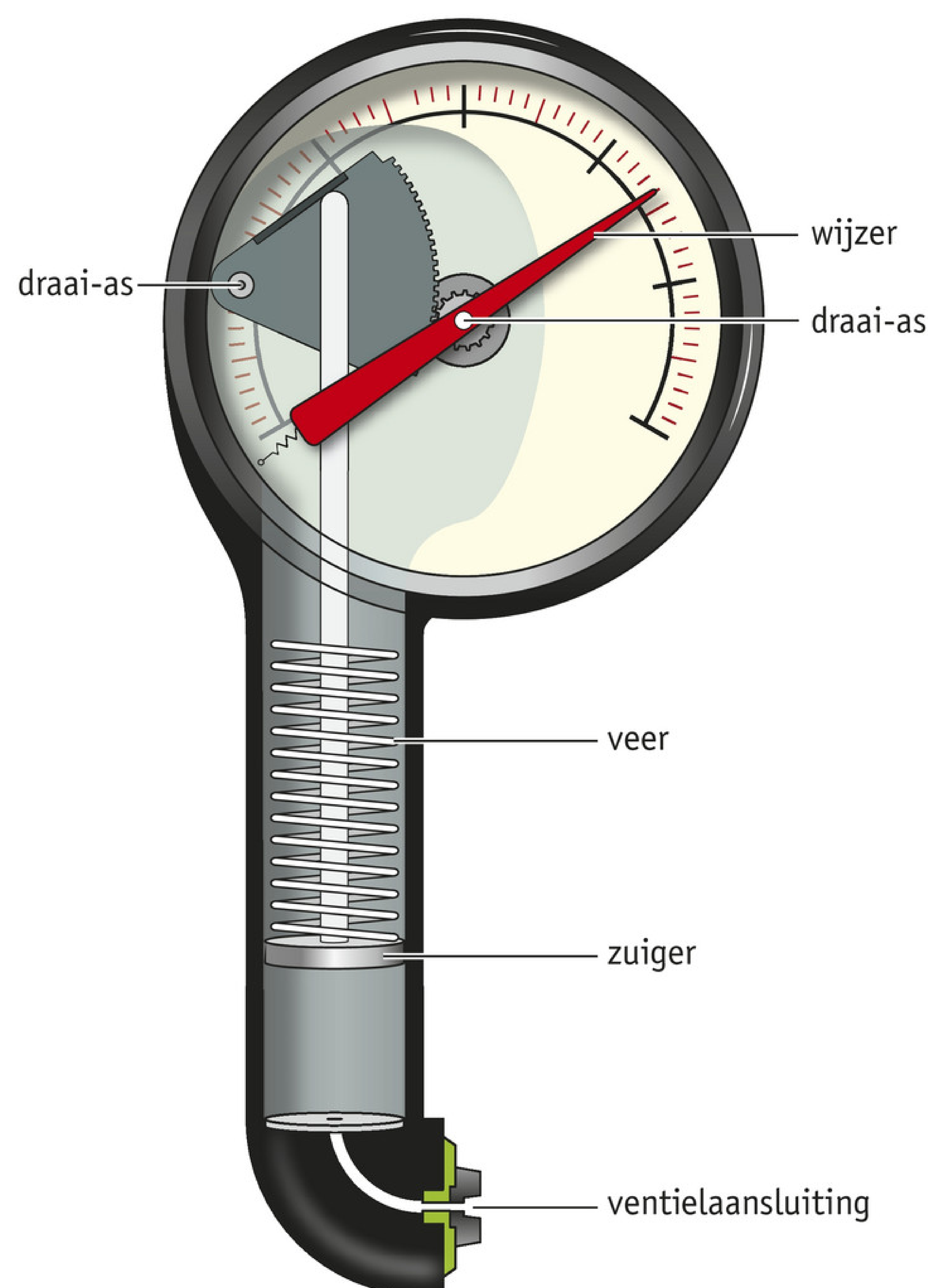
....

....

....

....

....



figuur 11 Een bandenspanningsmeter.

EXTRA DRUKEENHEDEN

13 Vul in.

a 1 atm = ... Pa

b 1 mbar = ... Pa

c 1 mm Hg = ... Pa

14 Gegevens over druk kun je niet goed vergelijken als de eenheden verschillend zijn. Je moet de gegevens dan eerst omrekenen naar dezelfde eenheid.

a Onderstreep de gegevens over druk in de volgende zinnen en noteer ze in tabel 2.
1. Op de kwikbarometer kon ik aflezen dat de luchtdruk 760 mm Hg was.
2. De banden van de bestelauto moesten worden opgepompt tot 3,8 atm.
3. De atmosferische druk op de planeet Mars is gemiddeld maar 7 mbar.
4. Een onderdruk van 85 mm Hg voor je bloeddruk is heel normaal.
5. Op de top van de Mount Everest is de luchtdruk ongeveer 340 mbar.

b Reken alle gegevens om naar Pa. Noteer de uitkomsten in tabel 2.

c Welke druk is het grootst?

....

d Welke druk is het kleinst?

....

tabel 2 Gegevens over druk.

zin	gegeven	omgerekend in Pa
1	760 mm Hg	
2		385 035
3		700
4		11 305
5		


Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Temperatuur

LEERDOELEN

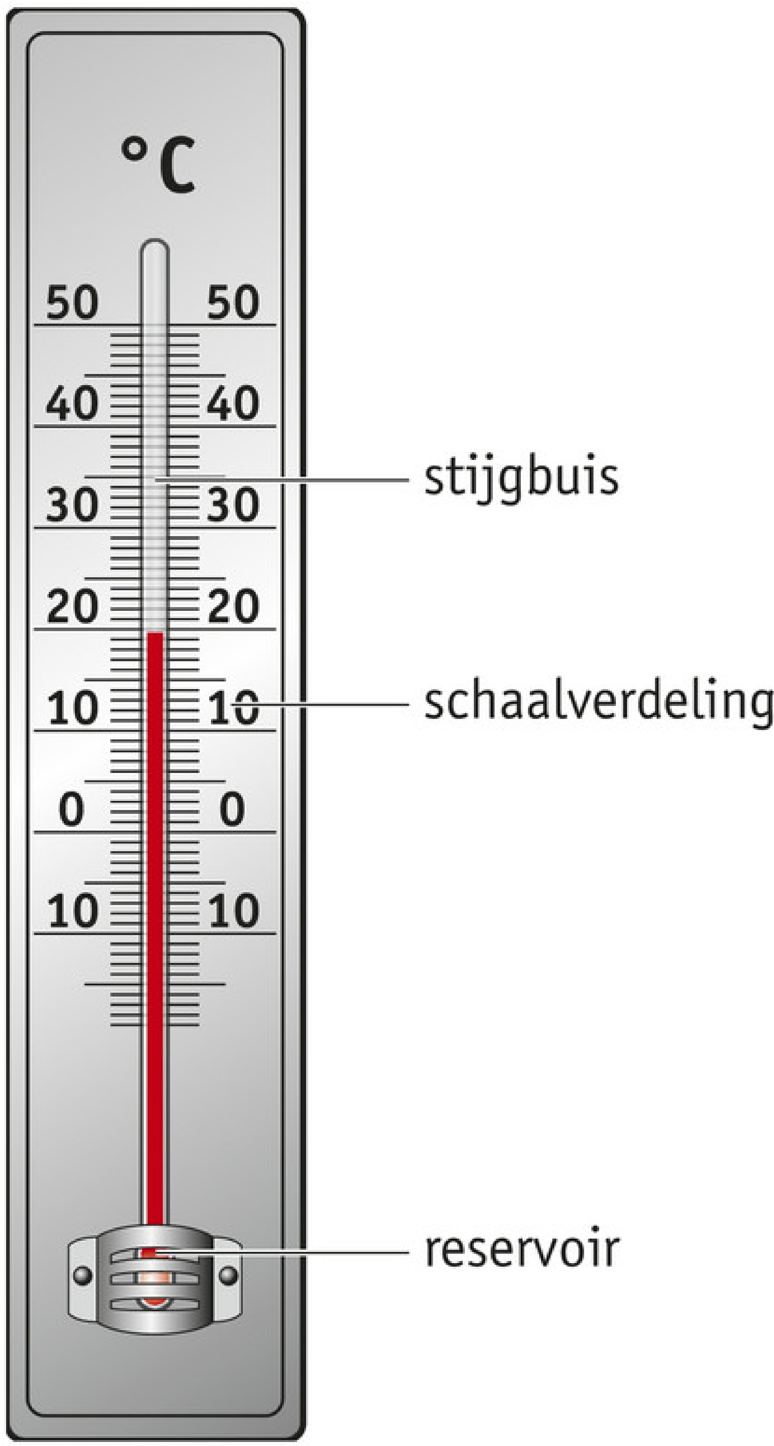
2.3.1 Je kunt de onderdelen van een vloeistofthermometer benoemen en hun functie beschrijven.
2.3.2 Je kunt uitleggen wat een bimetaal is en op welke manier een bimetaalthermometer werkt.
2.3.3 Je kunt het verband tussen gasdruk en temperatuur met het deeltjesmodel toelichten.
2.3.4 Je kunt de temperatuur omrekenen van graden Celsius naar kelvin en omgekeerd.
EXTRA 2.3.5 Je kunt uitleggen waarom de gevoelstemperatuur soms sterk afwijkt van de echte temperatuur.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	2.3.1	2.3.2	2.3.3	2.3.4	2.3.5
Onthouden	1, 2		4	5, 6, 7ab	15abc
Begrijpen	8ab	3abc, 8ab, 10ab	13abc, 14b	12ab	16ab
Toepassen		11	14ac		
Analyseren	9ab				

Op Antarctica werd eind juni 2018 een record gevestigd voor de laagste temperatuur op aarde: −98 °C. Tussen 2004 en 2016 werd meer dan 150 keer een temperatuur van 90 graden onder nul gemeten. Zou je zo'n lage temperatuur wel met een gewone thermometer kunnen meten?

DE TEMPERATUUR METEN

Een belangrijk gegeven voor weerkundigen is de temperatuur van de buitenlucht. Voor het meten van deze temperatuur kun je verschillende soorten **thermometers** gebruiken. In figuur 1 zie je een **vloeistofthermometer**. Zo'n thermometer bestaat uit een **reservoir** en een **stijgbuis** waarlangs een schaalverdeling is aangebracht. Het reservoir en een deel van de stijgbuis zijn gevuld met een vloeistof, meestal alcohol.



figuur 1 Een vloeistofthermometer.

Als de temperatuur stijgt, zet de vloeistof uit en stijgt het vloeistofniveau in de buis. Als de temperatuur daalt, krimpt de vloeistof weer en daalt het vloeistofniveau. Omdat de stijgbuis erg nauw is, zie je de vloeistof al stijgen of dalen bij kleine temperatuurverschillen.

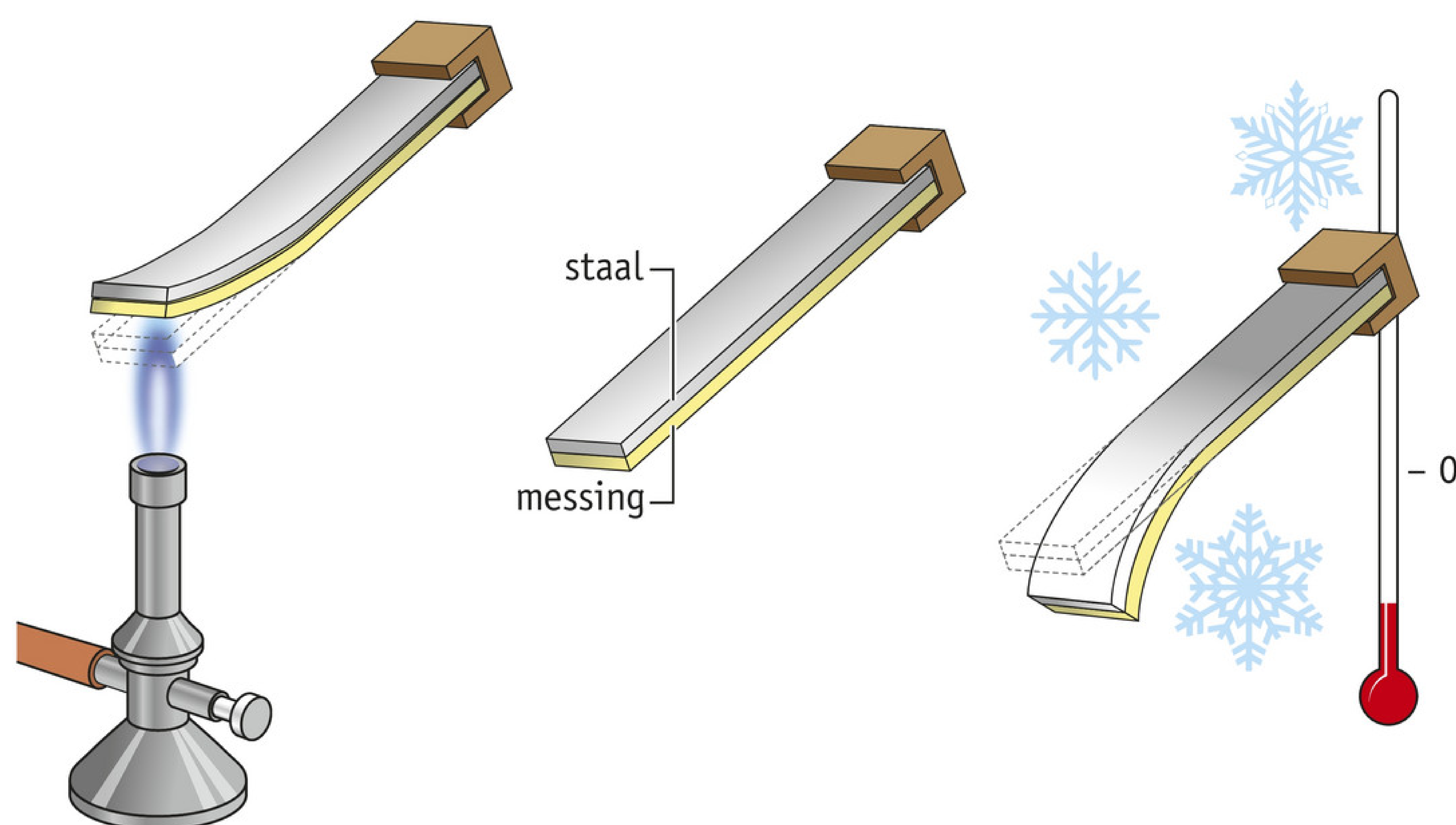
In het dagelijks leven worden thermometers gebruikt met een schaalverdeling in graden Celsius (°C). Bij het **ijken** van zo'n thermometer (het maken van de schaalverdeling) zet je eerst twee streepjes: één bij het smeltpunt van ijs (0 °C) en één bij het kookpunt van water (100 °C). Vervolgens verdeel je de afstand tussen de beide streepjes in honderd gelijke delen. Daarna kun je de schaalverdeling nog uitbreiden onder 0 °C en boven 100 °C, steeds met even grote tussenruimten.

ANDERE SOORTEN THERMOMETERS

PROEF 2

Een vloeistofthermometer werkt met een vloeistof die uitzet en inkrimpt. Er zijn ook thermometers die werken met een **bimetaal**. Een bimetaal bestaat uit twee strips van verschillende metalen die stevig aan elkaar zijn verbonden.

Als de temperatuur stijgt, zet de ene strip sterker uit dan de andere. Hierdoor trekt het bimetaal krom (figuur 2). Het metaal dat het meest uitzet vormt de ‘buitenbocht’. Als de temperatuur daalt, trekt het bimetaal ook krom, maar dan in tegenovergestelde richting. Zo kan het bimetaal een wijzer in beweging brengen die langs een schaalverdeling beweegt.



figuur 2 Het bimetaal trekt krom als de temperatuur stijgt (links) of daalt (rechts).

In figuur 3 zie je nog een derde meetinstrument waarmee je de temperatuur kunt meten. Dit is een **elektronische thermometer** met een sensor. Zo’n thermometer bevat een schakeling die reageert op veranderingen van temperatuur. Op basis daarvan wordt de temperatuur bepaald en weergegeven op een display.

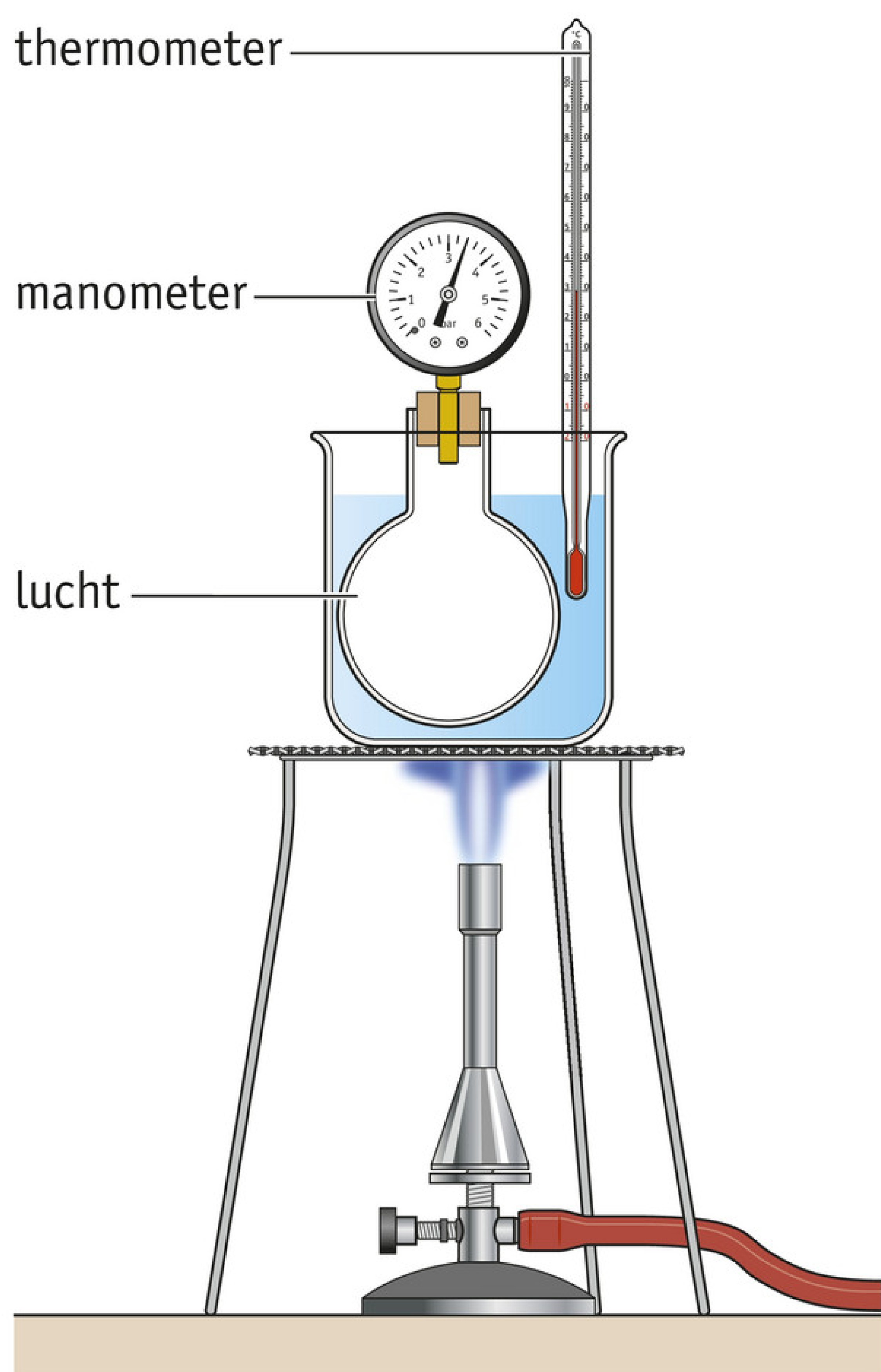


figuur 3 Een elektronische thermometer geeft in juli 2019 een nieuw temperatuurrecord aan.

GASDRUK EN TEMPERATUUR

De temperatuur heeft invloed op de gasdruk in een afgesloten ruimte. Dat kun je beredeneren met het deeltjesmodel. Als de temperatuur van het gas stijgt, gaan de moleculen steeds sneller bewegen. De moleculen botsen daardoor vaker en met een grotere snelheid tegen de wanden. Het gevolg is dat de gasdruk toeneemt. Omgekeerd neemt de gasdruk af als de temperatuur weer daalt.

Met de opstelling in figuur 4 kun je het verband meten tussen de temperatuur en de gasdruk. Met de manometer meet je de druk van de lucht in de kolf. Met de thermometer meet je de temperatuur. Uit deze proef blijkt dat de druk gelijkmatig groter wordt als de temperatuur stijgt. Uit de toename van de gasdruk kun je eenvoudig afleiden met hoeveel graden de temperatuur is gestegen.



figuur 4 Een proef met lucht in een afgesloten ruimte.

HET ABSOLUTE NULPUNT

Natuurkundigen hebben ontdekt dat de temperatuur onmogelijk lager kan worden dan −273 °C. Dit is de laagst mogelijke temperatuur, het **absolute nulpunt**.

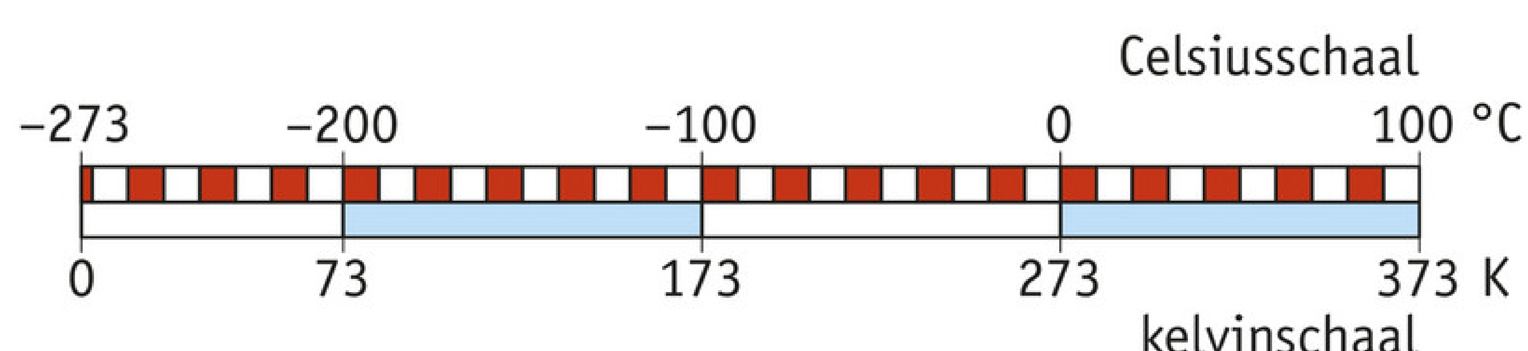
Met het deeltjesmodel kun je uitleggen waarom er een allerlaagste temperatuur bestaat. Als je een gas afkoelt, bewegen de moleculen gemiddeld steeds langzamer. Op een gegeven moment komen de moleculen tot stilstand. Ze botsen dan niet meer tegen de wanden van de ruimte. De gasdruk is dan nul geworden. Lager kan de druk – en de temperatuur – onmogelijk worden.

Een temperatuur van −273 °C kun je je moeilijk voorstellen. Zelfs op de koudste plaatsen op aarde blijft de temperatuur daar ver boven. De laagste temperatuur die weerkundigen ooit hebben gemeten, is −98 °C. Dat is altijd nog 175 °C boven het absolute nulpunt. Alleen in laboratoria kun je met slimme technieken de temperatuur laten dalen tot bijna het absolute nulpunt.

DE KELVINSCHAAL

In de natuurkunde wordt bij het meten van temperatuur vaak de **kelvinschaal** gebruikt. Deze temperatuurschaal lijkt veel op de schaal van Celsius. De graden zijn precies even groot. De kelvinschaal heeft alleen een ander nulpunt: niet het smeltpunt van water, zoals bij de schaal van Celsius, maar het absolute nulpunt. Een temperatuur van −273 °C komt dus overeen met 0 kelvin.

Om de temperatuur in kelvin (K) te vinden, moet je 273 optellen bij de temperatuur in graden Celsius. Het absolute nulpunt (−273 °C) is dus 0 K. Dat betekent dat 0 °C overeenkomt met 273 K, en 100 °C met 373 K. Om van kelvin terug te rekenen naar graden Celsius, moet je 273 van de temperatuur in kelvin aftrekken (figuur 5).



figuur 5 Twee temperatuurschalen: boven Celsius, onder kelvin.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Het kookpunt van alcohol (ethanol) is 351 K.
Hoeveel graden Celsius is dat?

gegevens kookpunt in kelvin = 351 K

gevraagd kookpunt in graden Celsius = ?

uitwerking kookpunt in graden Celsius = kookpunt in kelvin − 273
kookpunt in graden Celsius = 351 − 273 = 78 °C

Het kookpunt van alcohol is 78 °C.

EXTRA GEVOELSTEMPERATUUR

Als het koud weer is, kan je lichaam snel afkoelen. Dat ligt niet alleen aan de temperatuur. Het is ook belangrijk hoe hard het waait. Hoe groter de windsnelheid, hoe meer warmte je lichaam kwijtraakt. Daardoor voelt −5 °C bij harde wind even koud aan als −18 °C bij rustig weer. In het weerbericht wordt in zo'n geval gezegd: "De gevoelstemperatuur is vandaag 18 graden onder nul."

De gevoelstemperatuur wordt alleen in het weerbericht vermeld als het echt flink koud is, zoals bij een gevoelstemperatuur van −15 °C of lager (figuur 6). Vanaf die waarde bestaat het risico dat onbedekte lichaamsdelen bevriezen. Als de gevoelstemperatuur onder −20 °C ligt, kunnen ook warm geklede mensen gemakkelijk door de kou worden bevangen. Voor een goede bescherming heb je dan extra winddichte kleding nodig.



figuur 6 Bij harde wind voelt −5 °C even koud aan als −18 °C bij rustig weer.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Wat gebeurt er als de temperatuur in een vloeistofthermometer stijgt?

- ○ A De vloeistof krimpt en het vloeistofniveau in de stijgbuis daalt.
- ○ B De vloeistof krimpt en het vloeistofniveau in de stijgbuis stijgt.
- ○ C De vloeistof zet uit en het vloeistofniveau in de stijgbuis daalt.
- ○ D De vloeistof zet uit en het vloeistofniveau in de stijgbuis stijgt.

2 Je ziet de vloeistof in een stijgbuis al stijgen of dalen bij heel kleine verschillen. Wat is daarvoor de reden?

- ○ A De stijgbuis is erg nauw.
- ○ B De stijgbuis is erg wijd.
- ○ C De stijgbuis zet snel uit.
- ○ D De stijgbuis zet langzaam uit.

3 Lees de drie beweringen en kies steeds de juiste mogelijkheid.

a Een bimetaal bestaat uit twee strips van verschillende metalen die ongelijk kromtrekken. *waar / onwaar*

b Als een bimetaal een hogere temperatuur krijgt, vormt het metaal dat het meest uitzet de buitenbocht. *waar / onwaar*

c Een bimetaal kan maar één kant op kromtrekken. *waar / onwaar*

4 Vul in.

Gas dat in een ruimte zit opgesloten, oefent .... uit op de wanden van die ruimte.

Als de temperatuur van het gas stijgt, gaan de moleculen .... bewegen.

De moleculen botsen daardoor .... en met een grotere .... tegen de wanden.

Het gevolg is dat de gasdruk .... wordt.

5 Bij welke temperatuur ligt het absolute nulpunt?

○ A −89 °C
○ B −189 °C
○ C −273 °C
○ D −373 °C

6 De graden in de kelvinschaal zijn:

○ A kleiner dan de graden in de schaal van Celsius.
○ B even groot als de graden in de schaal van Celsius.
○ C groter dan de graden in de schaal van Celsius.

7 Je kunt de temperatuur meten in graden Celsius (°C) en in kelvin (K).

a Hoe kun je de temperatuur in K vinden als je de temperatuur in °C kent?

....

....

b Hoe kun je de temperatuur in °C vinden als je de temperatuur in K kent?

....

....

TOEPASSING

8

Zie de vaardigheid *Meetinstrumenten aflezen*.
In figuur 7 zie je foto's van drie verschillende thermometers.

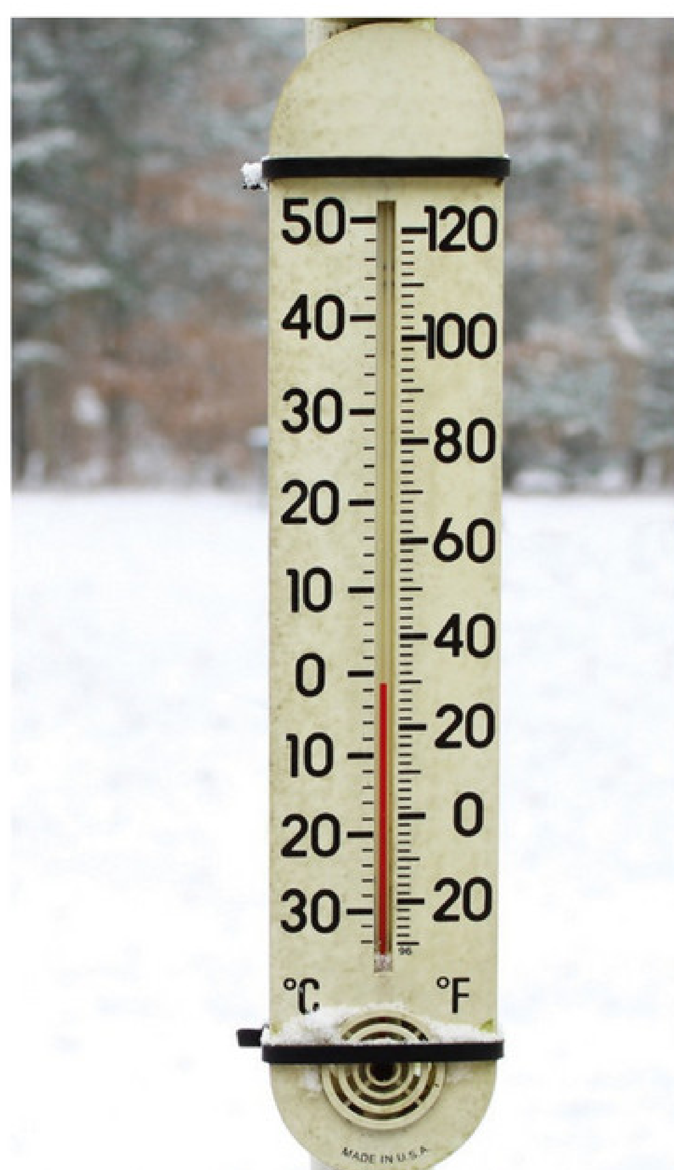
a Noteer de temperatuur die elke thermometer aangeeft.

thermometer a: .... °C

thermometer b: .... °C

thermometer c: .... °C

figuur 8 Drie verschillende thermometers.



a een weerthermometer



b een oventhermometer



c een laboratoriumthermometer

b Kies steeds de juiste mogelijkheid.

- Thermometer a is een *bimetaalthermometer* / *vloeistofthermometer*.
- Thermometer b is een *bimetaalthermometer* / *vloeistofthermometer*.
- Thermometer c is een *bimetaalthermometer* / *vloeistofthermometer*.

★ 9

In een instrumentenfabriek wordt tot nu toe één model thermometer gemaakt. Men besluit een nieuw, groter model op de markt te brengen. Bij dit nieuwe model zal de afstand tussen de graadstrepen groter moeten zijn dan in het huidige model.
Wat kan een ontwerper doen om de afstand tussen de graadstrepen groter te maken?

a Hij kan de stijgbuis *nauwer* / *wijder* maken dan in het huidige model.

b Hij kan het reservoir *groter* / *kleiner* maken dan in het huidige model.

10

Het bimetaal in figuur 8 is gemaakt van aluminium en staal.
Aluminium zet 2× zo veel uit als staal.

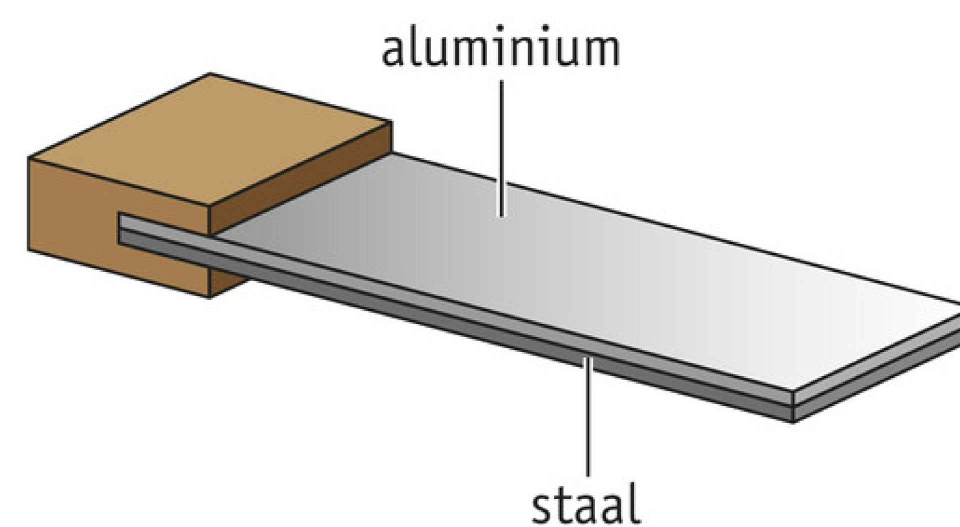
a In welke richting zal het bimetaal kromtrekken als je het verhit met een brander?
Het zal naar *beneden* / *boven* kromtrekken.

b Leg uit hoe je aan je antwoord bij vraag 10a bent gekomen.

....

....

....



figuur 8 Een bimetaal.

11 In figuur 9 is een bimetaalthermometer getekend.
Kleur het metaal dat bij verwarming het meest uitzet, rood.

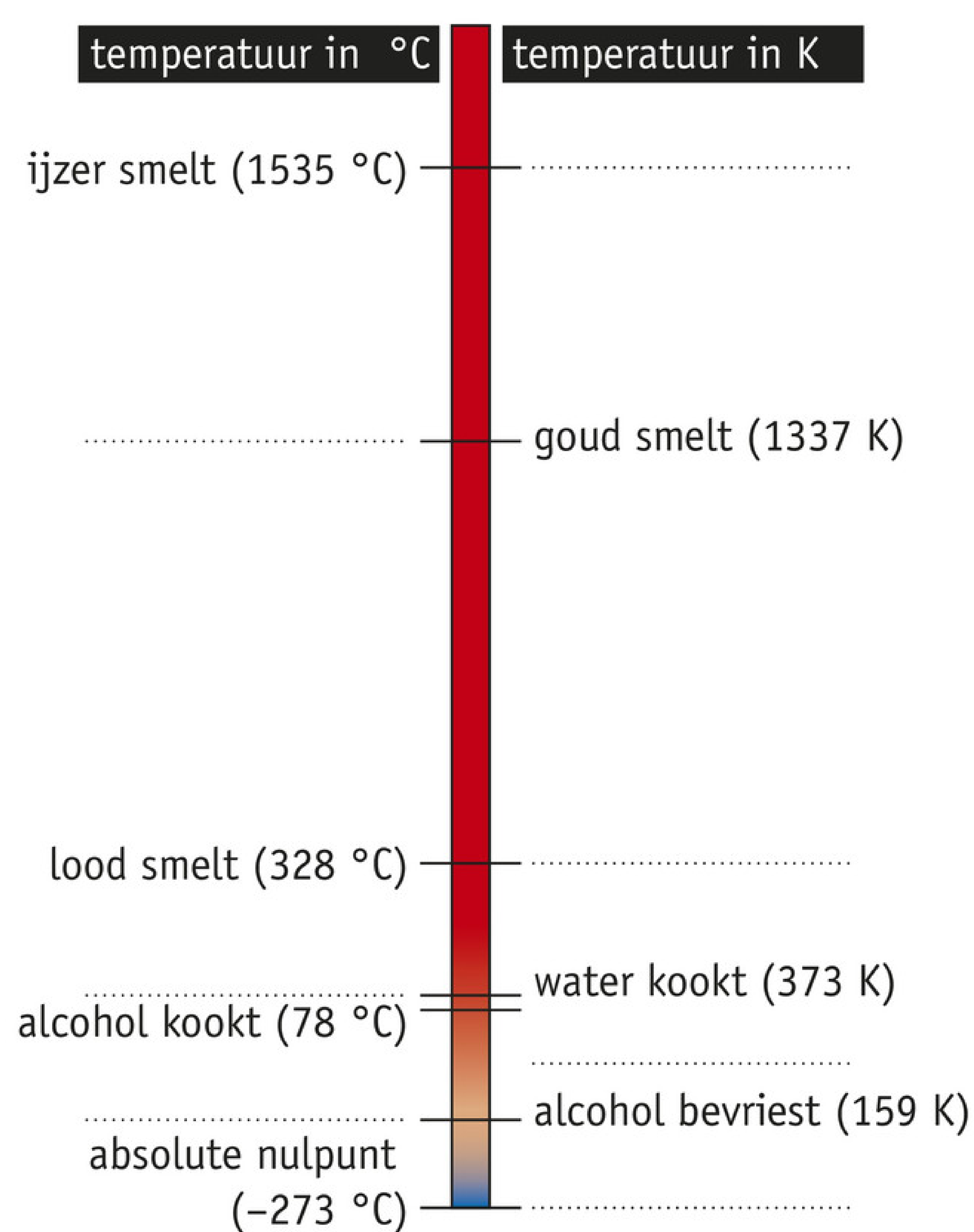


figuur 9 Een bimetaalthermometer.

12 Zie de vaardigheid *Werken met grootheden en eenheden*.
In figuur 10 zie je een temperatuurschaal. Links staan temperaturen in °C, rechts staan temperaturen in K.

a Reken de temperaturen in °C om in K. Noteer de waarde in K rechts van de waarde in °C.

b Reken de temperaturen in K om in °C. Noteer de waarde in °C links van de waarde in K.



figuur 10 Je kunt de temperatuur in °C en in K weergeven.

Meer oefening nodig met het *Omrekenen van temperatuur*?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 3 Temperatuur.

13 Leg uit.

a Waarom kun je een fiets met hard opgepompte banden beter niet in de felle zon laten staan?

....

....

....

b Waarom is het niet verstandig om een spuitbus vlak achter de achterruit van een auto te laten liggen?

....

....

....

....

c Waarom zijn gasflessen gevaarlijk voor brandweermensen die een brand moeten blussen, ook als het gas in de flessen niet brandbaar is?

....

....

....

★ 14  Nima wil het verband meten tussen de temperatuur en de druk van een hoeveelheid lucht. Hij maakt daarvoor de proefopstelling van figuur 11. In tabel 1 zie je zijn meetresultaten.

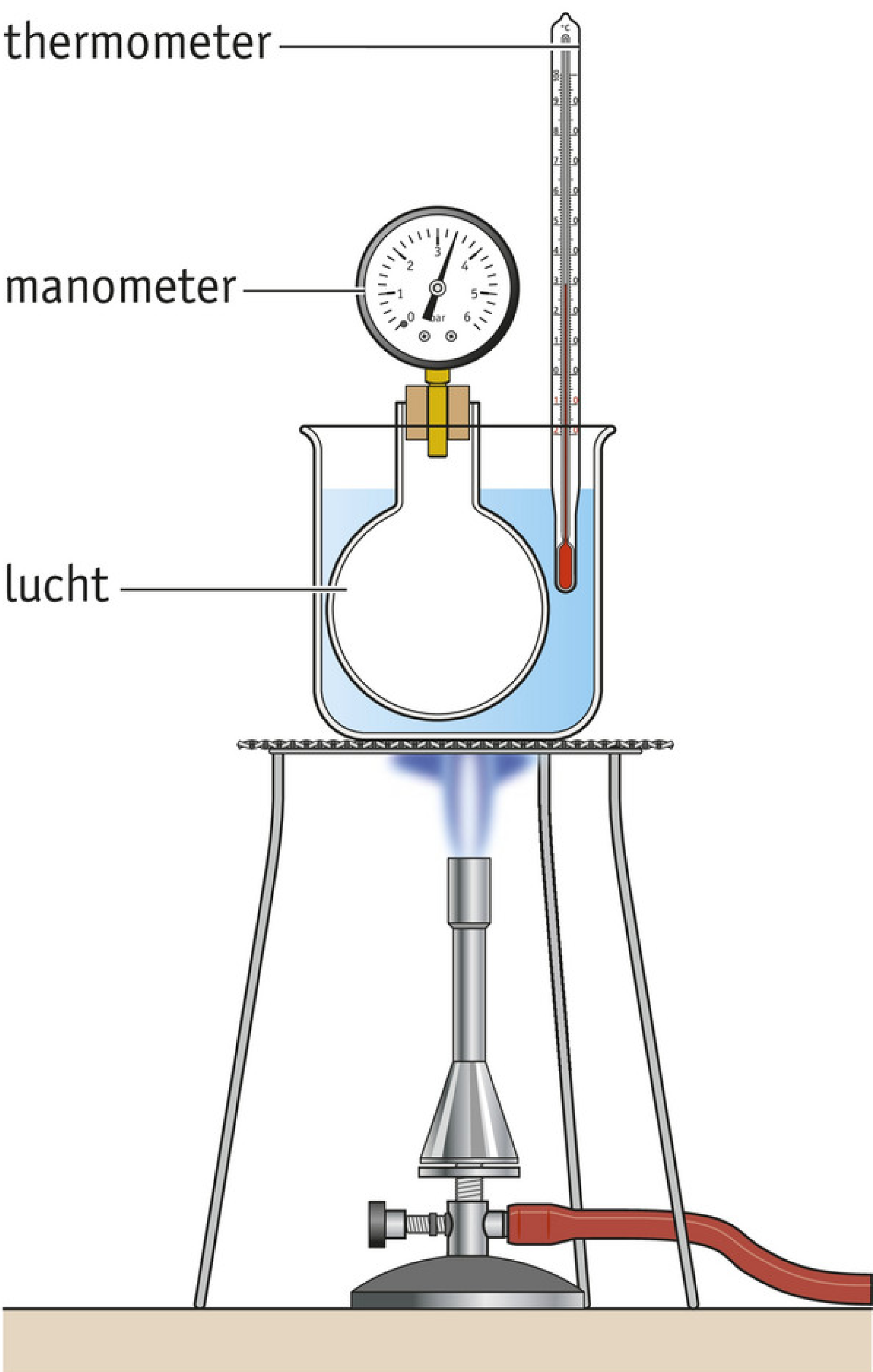
a Teken in figuur 12 de grafiek van Nima's proef.

b Hoe groot zou de druk worden als je de lucht afkoelt tot 0 °C? .... kPa

c Leg uit hoe je aan je antwoord op opdracht b bent gekomen.

....

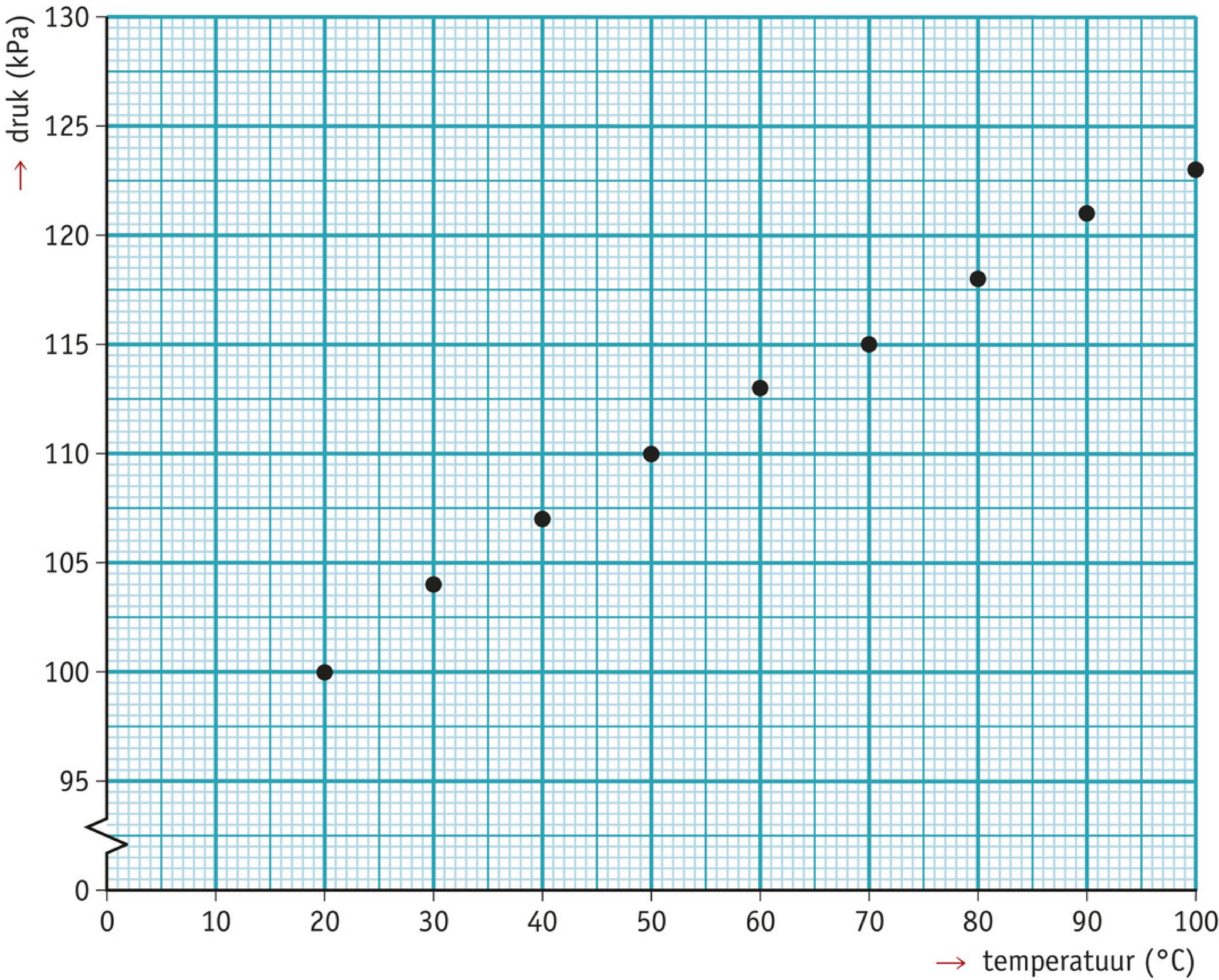
....



figuur 11 De proef van Nima.

tabel 1 Het verband tussen temperatuur en druk.

temperatuur (°C)	druk (kPa)
20	100
30	104
40	107
50	110
60	113
70	115
80	118
90	121
100	123



figuur 12 De grafiek van de proef van Nima.

EXTRA GEVOELSTEMPERATUUR

15

a Van welke twee factoren hangt af hoe snel je lichaam bij koud weer afkoelt?

....

....

b Bij een gevoelstemperatuur van −15 °C of lager bestaat er kans op ....

c Wat voor kleding heb je nodig bij zo'n lage gevoelstemperatuur?

....

16

Leg uit.

a Wat wordt precies bedoeld met 'de gevoelstemperatuur'?

....

....

....

....

....

b Waarom wordt de gevoelstemperatuur pas in het weerbericht vermeld vanaf −15 °C?

....

....



Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Wolken en onweer

LEERDOELEN

2.4.1 Je kunt met behulp van een grafiek bepalen hoe hoog het dauwpunt is.
2.4.2 Je kunt uitleggen van welke factor de hoogte van het dauwpunt afhangt.
2.4.3 Je kunt stap voor stap beschrijven op welke manier stapelwolken ontstaan.
2.4.4 Je kunt het verschil beschrijven tussen mooiweerwolken en buienwolken.
2.4.5 Je kunt beschrijven op welke manier de bliksem en de donder ontstaan.
EXTRA 2.4.6 Je kunt berekenen hoe groot de luchtvochtigheid is (in procenten).

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	2.4.1	2.4.2	2.4.3	2.4.4	2.4.5	2.4.6
Onthouden		1	2, 3, 9a	4, 5	6	13
Begrijpen		7abcd	8, 9bc			
Toepassen	10	11a				14
Analyseren	11b	9d				15

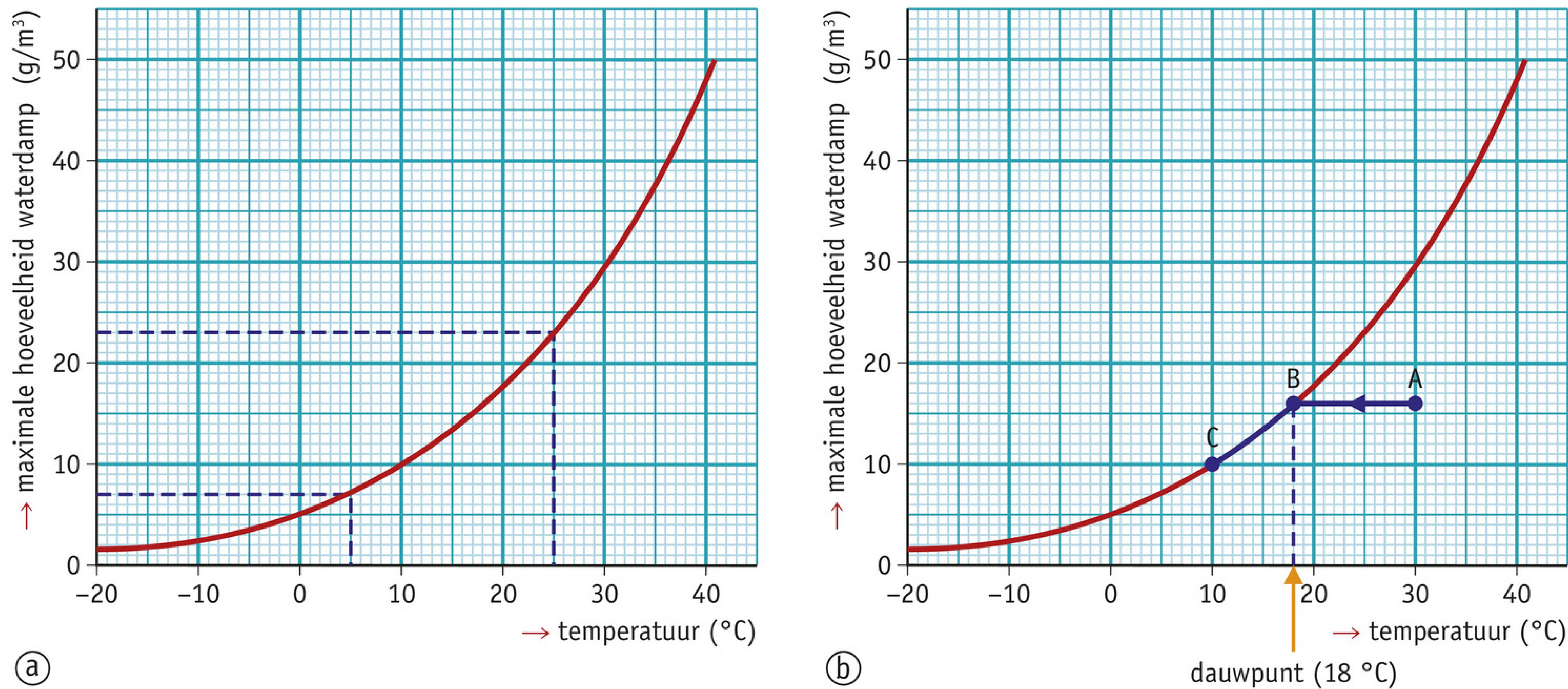
’s Zomers komen af en toe hevige onweersbuien voor. Soms kun je ’s ochtends al merken dat het kan gaan onweren, al schijnt de zon dan nog volop. Waar moet je dan op letten?

HET DAUWPUNT

In Nederland bevat de lucht om je heen altijd wel waterdamp: de ene keer wat meer, de andere keer wat minder. Hoe hoger de temperatuur is, hoe meer waterdamp de lucht kan bevatten. Daarom blaast een wasdroger warme lucht door het natte wasgoed. Het wasgoed droogt sneller doordat warme lucht meer waterdamp kan opnemen dan koude lucht.

In figuur 1a is het verband getekend tussen de temperatuur en de maximale hoeveelheid waterdamp in 1 m^3 lucht. Als de temperatuur 25 °C is, dan kan 1 m^3 lucht maximaal 23 g waterdamp bevatten. Als de temperatuur 5 °C is, dan is de maximale hoeveelheid 7 g waterdamp per m^3. Met andere woorden: 1 m^3 lucht van 25 °C kan 16 gram meer waterdamp bevatten dan 1 m^3 lucht van 5 °C.

figuur 1 Het verband tussen de temperatuur en de maximale hoeveelheid waterdamp.



Als lucht afkoelt, zal de waterdamp in de lucht op een gegeven moment gaan condenseren. De temperatuur waarbij dat gebeurt, noem je het **dauwpunt**. Deze temperatuur is niet altijd even hoog. Hoe minder waterdamp de lucht bevat, des te lager ligt het dauwpunt.

In figuur 1b zie je een voorbeeld. Lucht van 30 °C met 16 g waterdamp per m^3 (punt A) koelt ’s avonds af. Bij 18 °C is het dauwpunt bereikt (punt B). De lucht bevat nu de maximale hoeveelheid waterdamp. Als de lucht nog verder afkoelt, condenseert een deel van de waterdamp. Bij 10 °C bevat de lucht nog 10 g waterdamp per m^3 (punt C). Uit elke m^3 lucht is 16 − 10 = 6 g waterdamp gecondenseerd.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Midden op de dag bevat de lucht 7 g waterdamp per m^3 bij een temperatuur van 23 °C. Hoe laag moet de temperatuur ’s nachts worden voordat het begint te dauwen?

Uit de grafiek (figuur 1a) blijkt dat als de lucht 7 g waterdamp per m^3 bevat, het dauwpunt 5 °C is. Het zal dus gaan dauwen als de temperatuur daalt tot 5 °C.

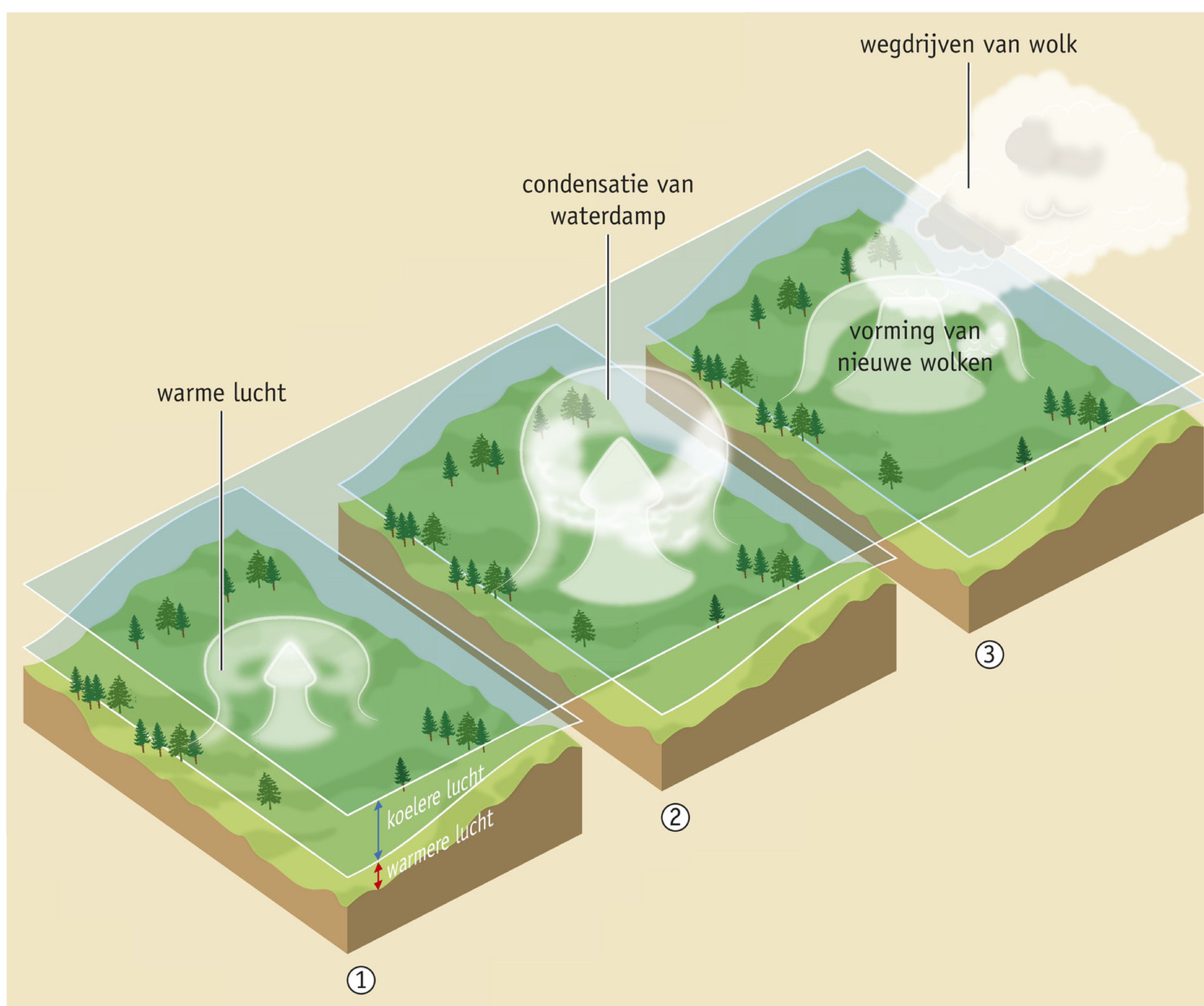
HET ONTSTAAN VAN STAPELWOLKEN

Als de zon het aardoppervlak verwarmt, wordt de bodem op de ene plaats warmer dan op de andere plaats. Een kale zandvlakte wordt bijvoorbeeld heter dan een bosgebied. Op plaatsen waar de grond warmer is, wordt de lucht vlak boven de grond ook warmer. Zo ontstaan grote bellen met warme lucht.

Lucht die warm wordt, zet uit. Daardoor hebben de bellen met warme lucht een kleinere dichtheid dan de omringende, koudere lucht. Het gevolg is dat de bellen warme lucht omhoog bewegen, alsof het onzichtbare heteluchtballonnen zijn.

Tijdens het stijgen zet de lucht in een bel uit en koelt af. Op een gegeven moment daalt de temperatuur tot onder het dauwpunt. De waterdamp in de luchtbel begint dan te condenseren. Er ontstaan heel kleine waterdruppels. De luchtbel wordt nu zichtbaar; er is een stapelwolk ontstaan.

Een stapelwolk is aan de onderkant meestal vlak. Op die hoogte ligt het **condensatieniveau**: de hoogte waarop de waterdamp begint te condenseren (figuur 2). De toppen van de stapelwolk geven aan hoe hoog de bellen met warme lucht zijn gestegen.



figuur 2 Zo ontstaat een stapelwolk.

MOOIWEERWOLKEN EN BUIENWOLKEN

Soms is de temperatuur in de opstijgende luchtbellen niet veel hoger dan die van de omringende lucht. Zo'n luchtbel stijgt dan langzaam en bereikt geen grote hoogte. Je krijgt dan een echte mooiweerwolk (figuur 3). In zo'n wolk stroomt de lucht rustig.



figuur 3 Mooiweerwolken.

Als de opstijgende lucht veel warmer is dan de omringende lucht, kunnen de luchtbellen een grote hoogte bereiken. Je krijgt dan grote wolken met een donkere onderkant (figuur 4). Boven in de wolken vormen zich ijskristallen. De ijskristallen groeien tot ze te zwaar zijn om door de opstijgende lucht te worden meegenomen. Ze vallen dan uit de wolk naar beneden.



figuur 4 Buienwolken.

Vaak smelten de ijskristallen voor ze de aarde bereiken. In dat geval valt er regen. Als de luchttemperatuur ’s winters onder 0 °C ligt, bereiken de ijskristallen het aardoppervlak zonder te smelten: dan sneeuwt of hagelt het.

ONWEER

Onweersbuien ontstaan wanneer bellen met warme, vochtige lucht snel opstijgen. Je krijgt dan grote onweerswolken die meer dan 10 km hoog kunnen worden. De lucht in een onweerswolk is sterk in beweging. Warme lucht stijgt op en koude lucht met hagel en regen valt naar beneden. IJskristallen en waterdruppels botsen en bewegen langs elkaar.

Het gevolg is dat de wolk elektrisch wordt geladen. Tussen de onderkant van een onweerswolk en de aarde ontstaat een hoge spanning, die kan oplopen tot honderden miljoenen volt. Dat is genoeg om een enorme vonk – een **bliksemstraal** – te laten overspringen van de wolk naar de aarde (figuur 5). Een korte, maar hevige stroomstoot zorgt ervoor dat de onweerswolk gedeeltelijk wordt ontladen.



figuur 5 Een onweerswolk wordt verlicht door de bliksem.

Door de grote stroomsterkte kan de temperatuur in een bliksemstraal sterk oplopen, tot wel 30 000 °C. Door de enorme hitte zet de lucht rond het pad van de bliksem in korte tijd sterk uit. Daardoor ontstaat een geluidsgolf die zich in alle richtingen verspreidt. Dit geluid – en even later ook de echo’s ervan – hoor je als de **donder**.

EXTRA LUCHTVOCHTIGHEID

Op een warme dag produceren de zweetklieren in je huid veel zweet. Doordat het zweet verdampt, koel je af en heb je minder last van de warmte. Als de lucht weinig waterdamp bevat, verdampt het zweet snel. Je krijgt het dan niet te warm. Als de lucht veel waterdamp bevat, verdampt het zweet langzaam. Je krijgt het dan erg warm en je huid voelt klam aan.

Met een **hygrometer** kun je de luchtvochtigheid meten. De schaal op die meter loopt van 0% tot 100% (figuur 6). Een luchtvochtigheid van 100% betekent dat de lucht de maximale hoeveelheid waterdamp bevat. Bij een temperatuur van 29 °C is dat bijvoorbeeld 30 gram waterdamp per m^3. Het is dan ‘erg drukkend weer’.



figuur 6 Een hygrometer.

De luchtvochtigheid is 50% als de lucht de helft van de maximale hoeveelheid waterdamp bevat. Bij een temperatuur van 29 °C is dat 15 gram waterdamp per m^3. Reken maar na: 50% van 30 = 0,5 × 30 = 15 g/m^3

VOORBEELDOPDRACHT 2

Op een warme zomerdag is het 30 °C. De lucht bevat 12 gram waterdamp per m^3. Bereken hoe groot de luchtvochtigheid is. Gebruik daarbij figuur 1.

gegevens temperatuur = 29 °C
hoeveelheid waterdamp = 12 g/m^3
maximale hoeveelheid waterdamp = 30 g/m^3

gevraagd luchtvochtigheid = ?

uitwerking $\text{luchtvochtigheid} = \frac{\text{hoeveelheid waterdamp}}{\text{maximale hoeveelheid waterdamp}}$

$\text{luchtvochtigheid} = \frac{12}{30} = 0{,}40 = 40\%$


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Wat wordt bedoeld met het dauwpunt?

- ○ A de temperatuur waarbij waterdamp in de lucht bevriest
- ○ B de temperatuur waarbij waterdamp in de lucht gaat condenseren
- ○ C het koude oppervlak waarop waterdamp condenseert

2 Bellen met warme lucht ontstaan op de ene plek gemakkelijker dan op de andere plek.
Boven een kale zandvlakte ontstaan:

- ○ A meer bellen met warme lucht dan boven een bosgebied.
- ○ B minder bellen met warme lucht dan boven een bosgebied.
- ○ C nooit bellen met warme lucht.

3 Een stapelwolk ontstaat als:

- ○ A de opstijgende luchtbel afkoelt.
- ○ B de opstijgende luchtbel warmer wordt.
- ○ C de waterdamp in een opstijgende luchtbel condenseert.
- ○ D er regen op komst is.

4 Onweersbuien ontstaan in snel opstijgende luchtbellen met:

- ○ A koele, droge lucht.
- ○ B koele, vochtige lucht.
- ○ C warme, droge lucht.
- ○ D warme, vochtige lucht.

5 Hierna staan enkele kenmerken van wolken.
Welke drie kenmerken horen bij een onweerswolk?

- ☐ A soms wel 10 km hoog
- ☐ B weinig beweging in de wolk
- ☐ C vrij lage wolk
- ☐ D veel beweging in de wolk
- ☐ E geladen
- ☐ F ongeladen

6 Lees wat er staat beschreven over wat er gebeurt als het onweert.
Zet de gebeurtenissen in de juiste volgorde. Gebruik de cijfers 1 tot en met 5.

- De spanning tussen een onweerswolk en de aarde loopt hoog op. ....
- De temperatuur van de lucht rond de bliksemflits stijgt tot 30 000 °C. ....
- Door de hoge temperatuur zet de lucht rond de bliksemflits sterk uit. ....
- Er springt een bliksemflits over van een onweerswolk naar de aarde. ....
- In een groot gebied rond de onweerswolk horen mensen de donder. ....

TOEPASSING

7 Lees de beweringen en kies steeds de juiste mogelijkheid.

a Hoe hoger de temperatuur, hoe meer waterdamp er in de lucht kan zitten. *waar* / *onwaar*

b Een wasdroger die warme lucht door de was blaast, droogt de was sneller dan een wasdroger die koude lucht door de was blaast. *waar* / *onwaar*

c Hoe meer waterdamp er in de lucht zit, hoe lager het dauwpunt ligt. *waar* / *onwaar*

d In een warme nacht heb je veel kans op dauwvorming. *waar* / *onwaar*

8 Soms is de temperatuur in opstijgende luchtbellen niet veel hoger dan die van de omringende lucht.
Zulke luchtbellen gaan dan *langzaam* / *snel* omhoog en komen *heel* / *niet* hoog.

9 Lees het weerbericht in figuur 7.

a Welke faseovergang is er de oorzaak van dat er stapelwolken ontstaan? ....

b Welke faseovergang is er de oorzaak van dat de bewolking weer 'oplost'? ....

c Hoe komt het dat de wolken pas in de loop van de ochtend verschijnen?

....

....

....

....

d Hoe komt het dat er juist in een heldere zomernacht kans is op grondmist?

....

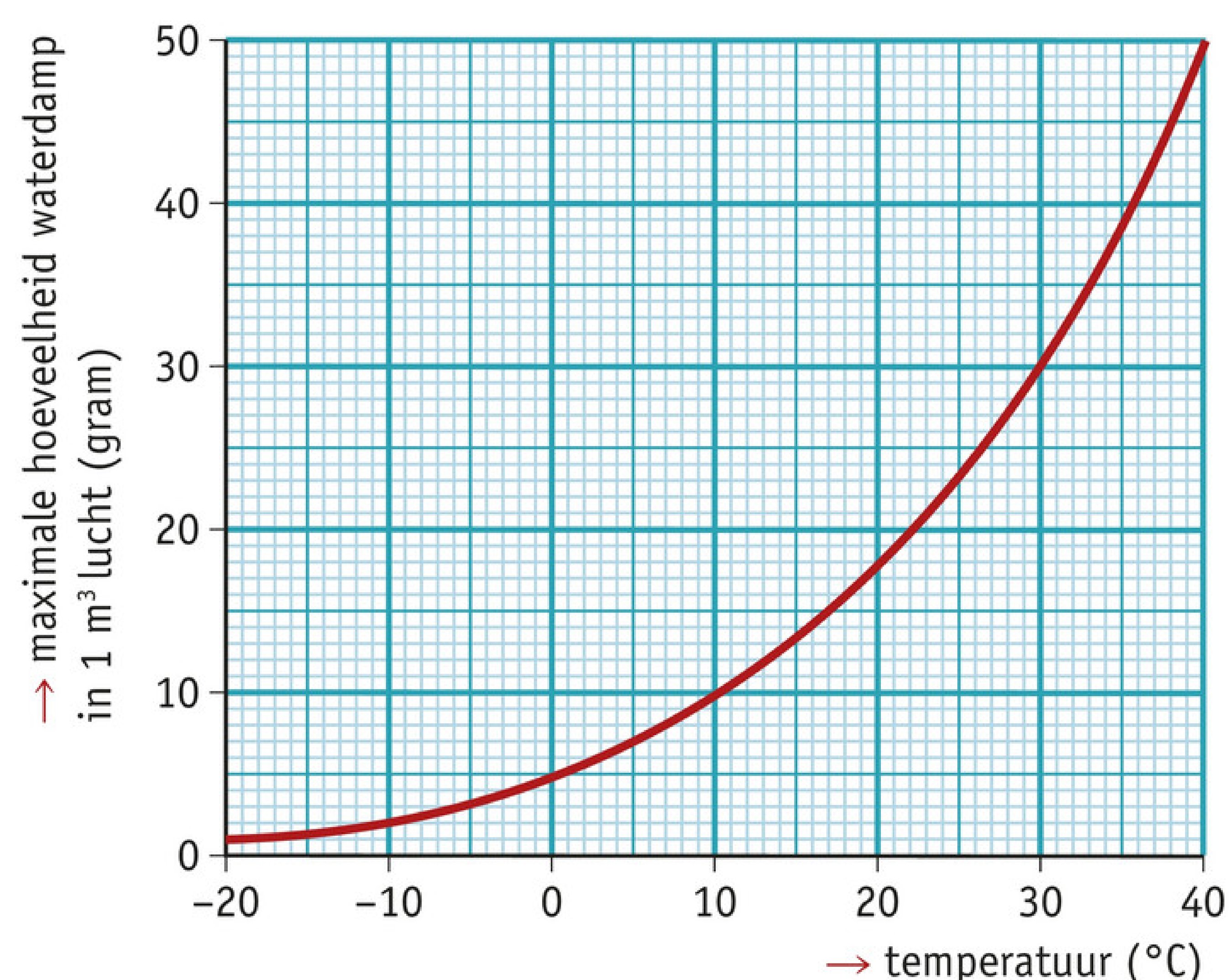
....

....

figuur 7 Een weerbericht.

De dag begint met een strakblauwe hemel. In de loop van de ochtend ontstaan de eerste stapelwolken. 's Middags wisselen zon en schaduw elkaar af bij een temperatuur van 22 tot 23 °C. Tegen de avond lost de bewolking weer op. 's Nachts is het helder en kan er hier en daar grondmist ontstaan.

10 Op een zonnige dag is de temperatuur 25 °C. De lucht bevat 15 g waterdamp per m^3. In de nacht daalt de temperatuur naar 9 °C. Leg uit of er in de nacht kans is op mist. Gebruik figuur 8.



figuur 8 Het verband tussen de temperatuur en de maximale hoeveelheid waterdamp.

....

....

....

....

....

....

....

....

★ 11 Op een nacht is het mistig. De temperatuur is om drie uur 's nachts 7 °C.

a Hoeveel gram waterdamp per m^3 bevat de lucht op dat moment? Gebruik figuur 8.

....

....

....

....

....

b Net voor zonsopgang is de temperatuur nog verder gedaald naar 5 °C.
Zal door deze temperatuurdaling de mist verdwijnen?

....

....

....

★ 12 Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Tijdens een doorsnee bliksemflits loopt de stroomsterkte op tot 20 000 A, bij een spanning van 200 000 000 V.

a Bereken het elektrisch vermogen van zo'n flits.
Tip: je kunt de formule opzoeken in hoofdstuk 1 of in *BINAS* tabel 12 *Elektriciteit*.

....

....

....

....

....

....

....

b Hoeveel ledlampen van 5 W kunnen tegelijk branden op het vermogen van één bliksemflits?

....

....

....

EXTRA LUCHTVOCHTIGHEID

13 Als het buiten 25 °C is, kan het 'mooi zomerweer' zijn, maar ook 'zeer drukkend'. Waar hangt het van af of je het weer ervaart als aangenaam of als drukkend?

....

....

....

....

14 Als de lucht 18 g waterdamp per m3 bevat, terwijl hij hoogstens 30 g per m3 kan bevatten:

- ○ A is de luchtvochtigheid 18%.
- ○ B is de luchtvochtigheid 30%.
- ○ C is de luchtvochtigheid 40%.
- ○ D is de luchtvochtigheid 60%.

15 In een sauna kan de luchttemperatuur wel 80 °C zijn. Toch hebben de mensen in de sauna daar geen last van.
Hoe komt dat?

- ○ A De luchtvochtigheid is laag, zodat hun zweet snel verdampt.
- ○ B De luchtvochtigheid is laag, zodat hun zweet langzaam verdampt.
- ○ C De luchtvochtigheid is hoog, zodat hun zweet snel verdampt.
- ○ D De luchtvochtigheid is hoog, zodat hun zweet langzaam verdampt.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 LUCHT SAMENPERSEN

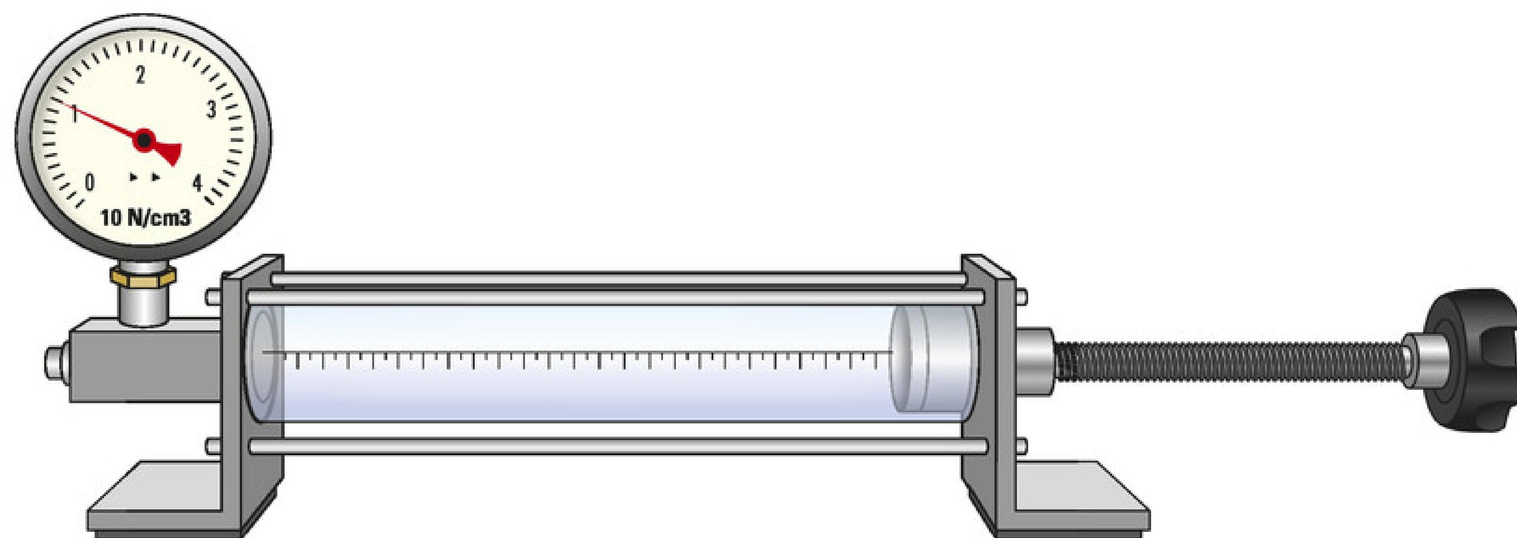
30 minuten

Inleiding
Sportduikers gebruiken flessen met samengeperste lucht om lang onder water te kunnen blijven. Tijdens het vullen mag de druk in zo'n fles niet te hoog worden, anders barst hij uit elkaar.

Doel
In deze proef onderzoek je hoe de druk verandert als je lucht samenperst.

Nodig
- ☐ toestel van Boyle

Uitvoeren en uitwerken
- Zet het apparaat neer zoals in figuur 1.
- Draai het luchtkraantje open.
- Draai de zuiger zo ver mogelijk naar rechts.
- Draai het luchtkraantje stevig dicht.



figuur 1 De opstelling van proef 1.

1 Lees af en noteer beide meetwaarden in tabel 1.
  a Hoe groot is het volume van de lucht in de cilinder?
  b Hoe groot is de druk van de lucht in de cilinder?

- Pers de lucht samen door de zuiger naar links te draaien.
  Lees regelmatig het volume en de druk van de lucht af.

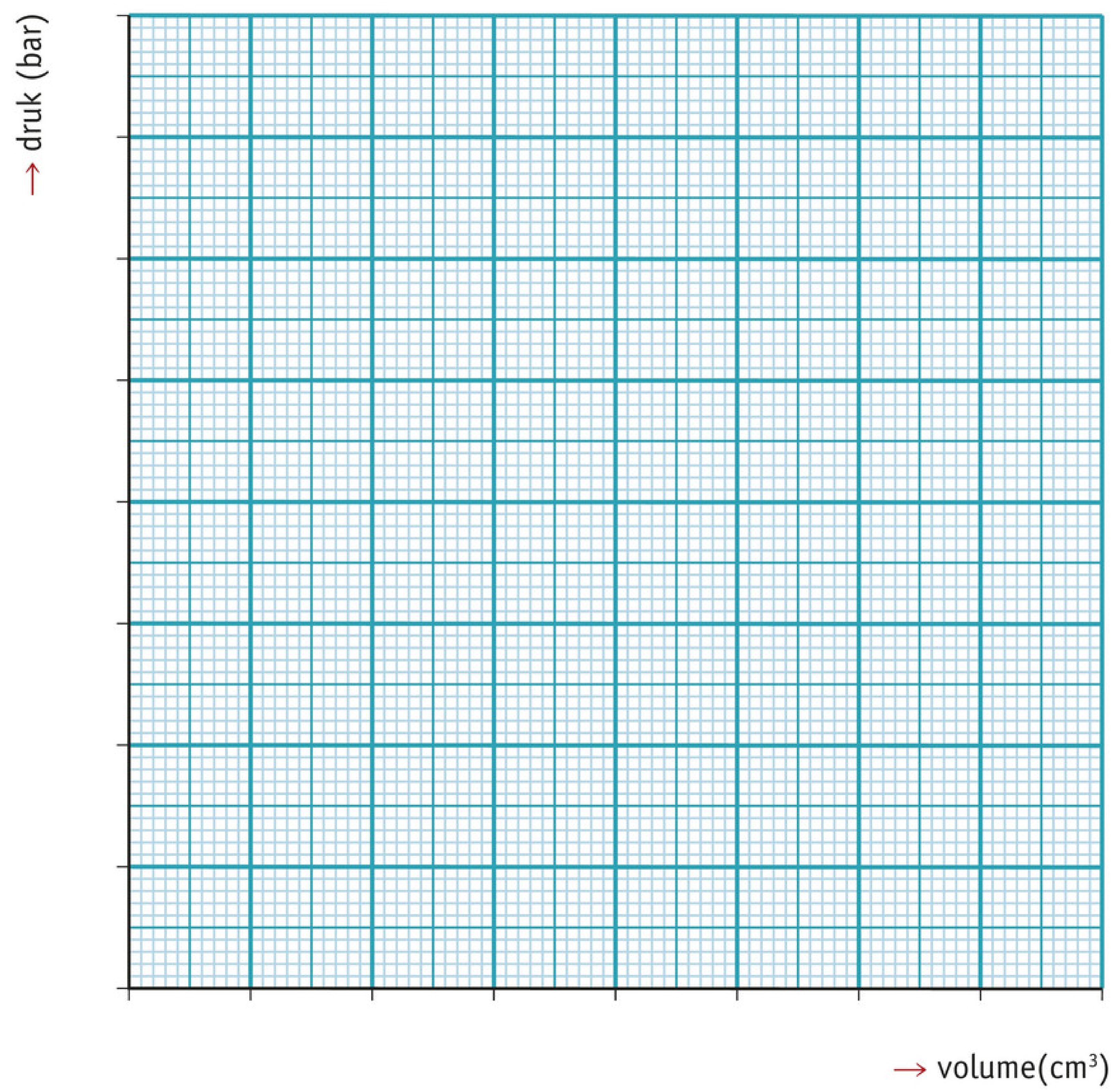
2 Noteer de meetwaarden in tabel 1.

- Stop als de druk is gestegen tot 3 bar.

tabel 1 Volume en druk.

volume (cm^3)	druk (bar)

3 Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.
Teken in figuur 2 een grafiek van deze proef.



figuur 2 Het verband tussen volume en druk.

4 Vul in.

Als je het volume 2× zo klein maakt, wordt de druk .... × zo ....

Als je het volume 3× zo klein maakt, wordt de druk .... × zo ....

Als je het volume 4× zo klein maakt, wordt de druk .... × zo ....

5 Een duiker wil 2000 liter lucht samenpersen in een fles van 10 liter.
Hoe groot wordt de druk in de fles dan? Leg uit hoe je aan je antwoord komt.

....

....

....

....

Ruim alles netjes op.

PROEF 2 EEN BIMETAAL VERHITTEN

15 minuten

Inleiding

Bij het woord ‘thermometer’ denk je waarschijnlijk aan een vloeistofthermometer, met een reservoir, een stijgbuis en een schaalverdeling. Maar er zijn ook andere soorten thermometers. Met één daarvan maak je kennis bij deze proef.

Doel

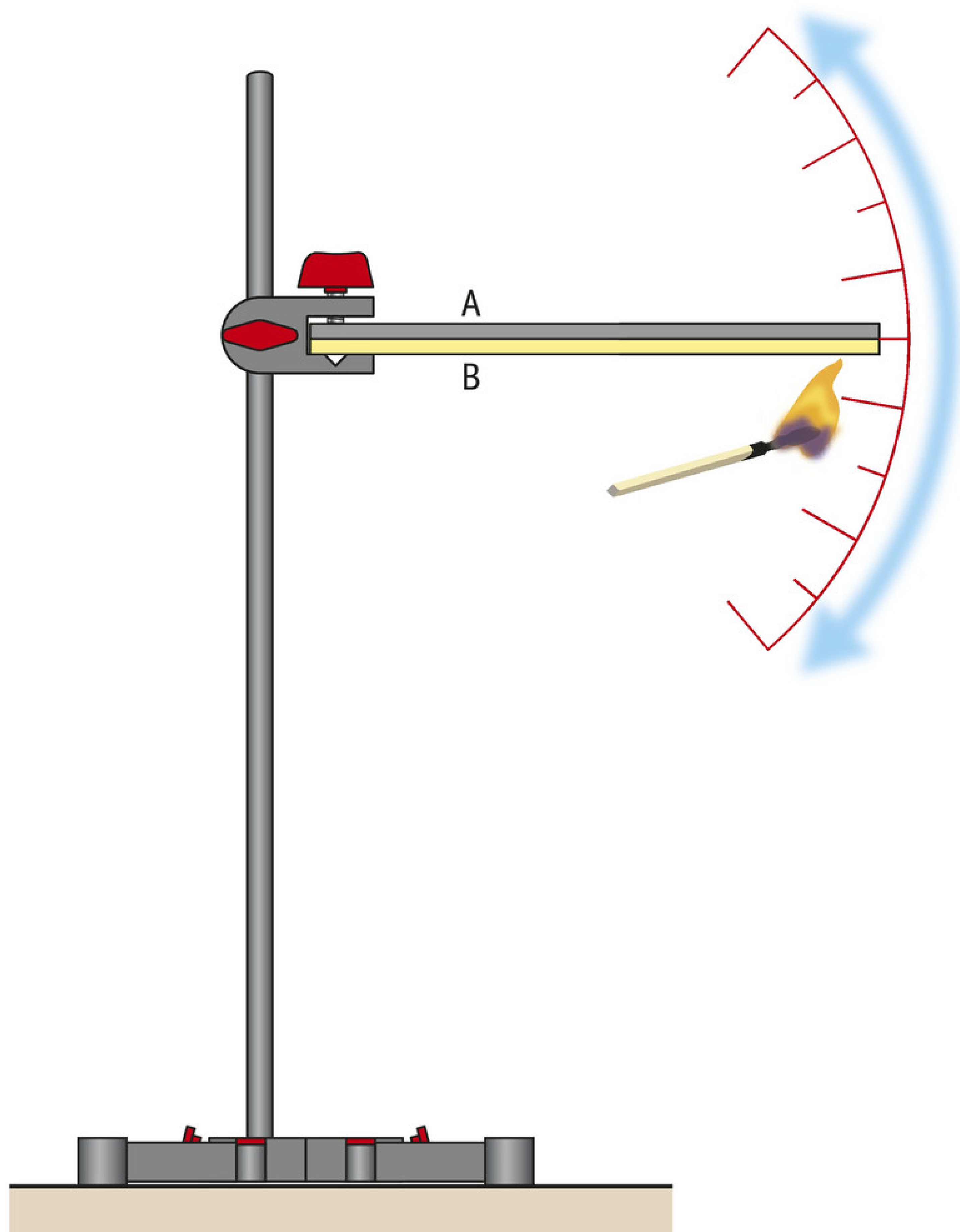
Bij deze proef zie je hoe je een bimetaal kunt gebruiken als thermometer.

Nodig

- ☐ bimetaal
- ☐ statiefmateriaal
- ☐ lucifers

Uitvoeren en uitwerken

- Klem het bimetaal vast zoals in figuur 3 is aangegeven.
  Je leraar vertelt je welke kant boven moet.
- Verhit het bimetaal met het vlammetje van een lucifer.



figuur 3 De opstelling van proef 2.

1 Geef in figuur 3 aan hoe het bimetaal kromtrekt.

2 Welk metaal zet bij het verwarmen het meest uit: A of B?

....

3 Welk metaal zal het sterkst krimpen als het afkoelt: A of B?

....

4 In figuur 3 is achter het bimetaal een schaalverdeling getekend. Zo kun je het bimetaal gebruiken als thermometer.
Zet de woorden ‘heet’ en ‘koud’ op de juiste plaats naast de schaalverdeling.

Ruim alles netjes op.

PROEF 3 ONDERZOEK: DRUK EN TERUGSTUITHOOGTE

45 minuten

Inleiding

Als een voetbal te zacht is, pomp je hem op. Op die manier maak je de druk in de bal groter. De bal stuitert dan beter. Hoeveel beter? Dat kun je nagaan door onderzoek te doen.

Doel

De onderzoeksvraag is:
Hoe hangt de ‘terugstuithoogte’ van een voetbal af van de (over)druk in de bal?

Uitvoeren en uitwerken

- Zie de vaardigheid *Een onderzoek doen*.
  Maak een werkplan en voer het onderzoek uit.

1 Zie de vaardigheid *Een onderzoeksverslag maken*.
Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

Leerstofoverzicht

2.1 HET DEELTJESMODEL

ONTHOUD

- Stoffen bestaan uit heel kleine deeltjes. Deze deeltjes heten moleculen. Met het deeltjesmodel beschrijf je eigenschappen van de moleculen:
  - de moleculen van een stof veranderen niet;
  - de moleculen van een stof bewegen voortdurend;
  - de moleculen van een stof trekken elkaar aan.
- In een vaste stof hebben de moleculen een vaste plaats, maar trillen op die plaats voortdurend heen en weer. Als de temperatuur van een vaste stof te groot wordt, bewegen de moleculen te snel en verlaten ze hun vaste plaats. De vaste stof smelt en wordt een vloeistof.
- In een vloeistof hebben de moleculen geen vaste plaats meer. De moleculen bewegen door elkaar heen. Als de temperatuur nog hoger wordt, dan is de snelheid van sommige moleculen zo groot dat ze uit de vloeistof ontsnappen. De vloeistof verdampt en wordt een gas.
- In een gas bewegen de moleculen los van elkaar. De ruimte tussen de moleculen is groot.
- In lucht komt waterdamp voor. Dit is een onzichtbaar gas. Als de temperatuur daalt, begint de waterdamp te condenseren en vormen zich waterdruppels. Deze waterdruppels zie je als mist of dauw. Als de lucht koud is, vormt zich uit de waterdamp meteen ijs. Dit noem je rijpen.

BEGRIPPEN

fase
Toestand waarin een stof voorkomt.

faseovergang
Verandering van de fase van een stof.

deeltjesmodel
Manier om de eigenschappen van moleculen te beschrijven.

moleculen
Kleine deeltjes waaruit stoffen bestaan.

waterdamp
Gasvormige fase van water.

2.2 LUCHTDRUK

ONTHOUD

- De lucht in de atmosfeer heeft een behoorlijk gewicht. De lucht oefent een druk uit op het aardoppervlak. Dat noem je de luchtdruk.
- De luchtdruk kun je meten met een barometer. In een metaalbarometer zit een metalen doosje dat gemakkelijk wordt ingedrukt als de luchtdruk groter wordt en weer gemakkelijk terugveert als de luchtdruk lager wordt. Aan het doosje zit een wijzer die de hoogte van de luchtdruk aanwijst.
- De luchtdruk wordt meestal weergegeven in millibar. De officiële eenheid van druk is pascal (Pa).
- De luchtdruk op aarde is niet altijd even groot. Als de luchtdruk lager is dan de omgeving, dan heb je te maken met een lagedrukgebied. Dat brengt onrustig weer met wind en regen. Hogedrukgebieden hebben een luchtdruk die hoger is dan de omgeving. Het weer in een hogedrukgebied is zonnig.

- Hoe hoger je in de atmosfeer komt, des te lager is de luchtdruk.
- Als je lucht in een afgesloten ruimte pompt, neemt de luchtdruk toe. Dit komt doordat er steeds meer moleculen in de ruimte tegen de wand van de ruimte botsen. De druk in een afgesloten ruimte noem je gasdruk.
- Het verschil tussen de druk in een afgesloten ruimte en de luchtdruk noem je overdruk. De overdruk kun je meten met een manometer.
- De absolute luchtdruk kun je berekenen met de formule:
  absolute druk = luchtdruk + overdruk

BEGRIPPEN

absolute druk
Optelsom van de luchtdruk en de overdruk in een afgesloten ruimte.

barometer
Instrument om de luchtdruk te meten.

gasdruk
Druk op de wand van een afgesloten ruimte die wordt veroorzaakt door moleculen die tegen de wand op botsen.

hogedrukgebied
Gebied waarin de luchtdruk hoger is dan in zijn omgeving.

lagedrukgebied
Gebied waarin de luchtdruk lager is dan in zijn omgeving.

luchtdruk
Druk die de lucht op het aardoppervlak en op je lichaam uitoefent.

manometer
Instrument om de overdruk in een afgesloten ruimte te meten.

metaalbarometer
Barometer met een metalen doosje dat door de hoge luchtdruk in elkaar kan worden gedrukt en weer terug kan veren bij een lagere luchtdruk.

millibar
Eenheid voor luchtdruk die veel op barometers wordt gebruikt.

overdruk
Verschil tussen de luchtdruk buiten en de druk in een afgesloten ruimte.

2.3 TEMPERATUUR

ONTHOUD

- Temperatuur kun je meten met een thermometer. Je hebt vloeistofthermometers, bimetaalthermometers en (analoge) elektronische thermometers.
- Een vloeistofthermometer heeft een reservoir, een stijgbuis en een schaalverdeling. Als de temperatuur stijgt, zet de vloeistof uit en stijgt de vloeistof in de stijgbuis. Op de schaalverdeling kun je de temperatuur aflezen.
- Een bimetaal bestaat uit twee verschillende metalen die stevig aan elkaar zijn verbonden. Doordat de metalen anders uitzetten als de temperatuur stijgt, trekt het bimetaal krom. Het bimetaal brengt een wijzer in beweging die langs een schaalverdeling beweegt.
- Als de temperatuur van een gas in een afgesloten ruimte toeneemt, zal de druk toenemen.
- De temperatuur kan niet lager worden dan het absolute nulpunt. Het absolute nulpunt is −273 °C. De kelvinschaal begint bij het absolute nulpunt. 0 kelvin (0 K) komt dus overeen met −273 °C.
- Je vindt de temperatuur in K door 273 op te tellen bij de temperatuur in °C. Omgekeerd vind je de temperatuur in °C door 273 van de temperatuur in K af te trekken.

BEGRIPPEN

absoluut nulpunt
De laagst mogelijke temperatuur: −273 °C of 0 K.

bimetaal
Twee strips van verschillende metalen die stevig aan elkaar zijn verbonden.

elektronische thermometer
Thermometer met een elektronische schakeling die reageert op veranderingen van temperatuur.

ijken
Schaalverdeling aanbrengen op een meetinstrument.

kelvinschaal
Temperatuurschaal die veel lijkt op de schaal van Celsius, maar met een ander nulpunt.

reservoir
Verdikking onder aan de stijgbuis van een vloeistofthermometer, waarin een voorraad vloeistof is opgeslagen.

stijgbuis
Nauwe, doorzichtige buis, waarin de vloeistof van een vloeistofthermometer snel kan stijgen en dalen.

thermometer
Instrument om de temperatuur te meten.

vloeistofthermometer
Thermometer met een reservoir, een stijgbuis en een schaalverdeling.

2.4 WOLKEN EN ONWEER

ONTHOUD

- Als lucht afkoelt, zal de waterdamp bij een bepaalde temperatuur gaan condenseren. Deze temperatuur noem je het dauwpunt. Om het dauwpunt te bepalen kun je een grafiek gebruiken.
- Op sommige plekken wordt lucht meer door het aardoppervlak verwarmd dan op andere plekken. Lucht die warm wordt zet uit. Hierdoor heeft deze warme lucht een lagere dichtheid dan de omringende lucht. De warme lucht zal omhoog bewegen in een luchtbel. De lucht in die bel koelt af als hij stijgt. Op een gegeven moment komt de temperatuur onder het dauwpunt. Hierdoor zal de waterdamp in de bel condenseren en ontstaan er waterdruppels. De luchtbel is nu zichtbaar als een stapelwolk.
- Als de opstijgende lucht veel warmer is dan de omringende lucht, zal de luchtbel een grote hoogte bereiken. Zo ontstaan grote, hoge wolken. Boven in de wolken vormen zich ijskristallen. Als de ijskristallen te zwaar worden, vallen ze naar beneden en bereiken ze de aarde in de vorm van neerslag.
- Onweersbuien ontstaan als luchtbellen met grote snelheid opstijgen. Doordat de lucht in een onweerswolk sterk in beweging is en de ijskristallen en waterdruppels tegen elkaar botsen, wordt de wolk elektrisch geladen.
- Als de elektrische spanning tussen de wolk en het aardoppervlak te groot wordt, kan een enorme vonk overspringen. Dit is een bliksemstraal. De temperatuur rond een bliksemstraal loopt sterk op. Hierdoor zet de lucht in korte tijd sterk uit. Daardoor ontstaat een geluidsgolf. Deze hoor je als donder.

BEGRIPPEN

bliksemstraal
Een enorme vonk tussen de onderkant van een onweerswolk en de aarde.

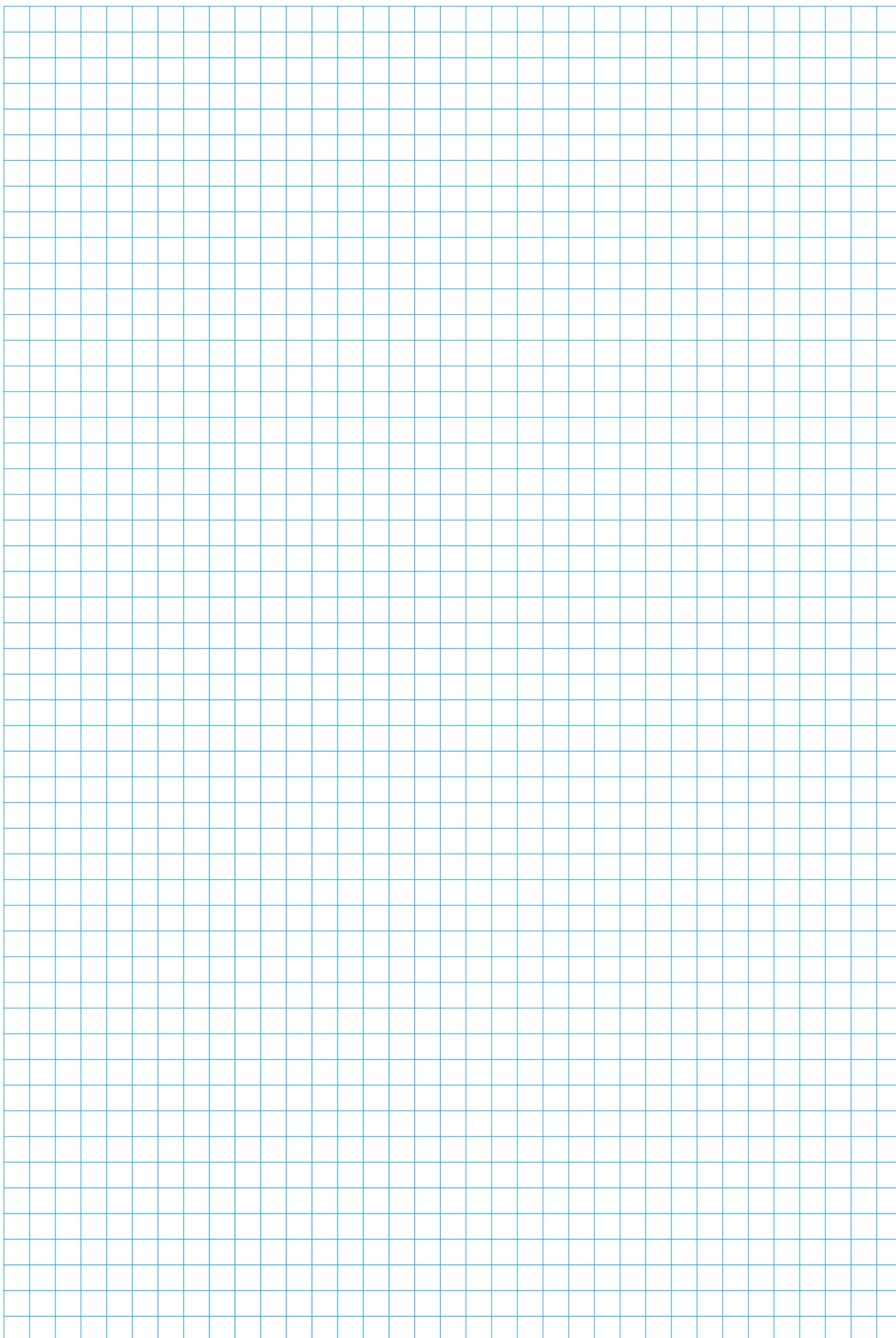
condensatieniveau
De hoogte waarop waterdamp in een bel stijgende lucht begint te condenseren.

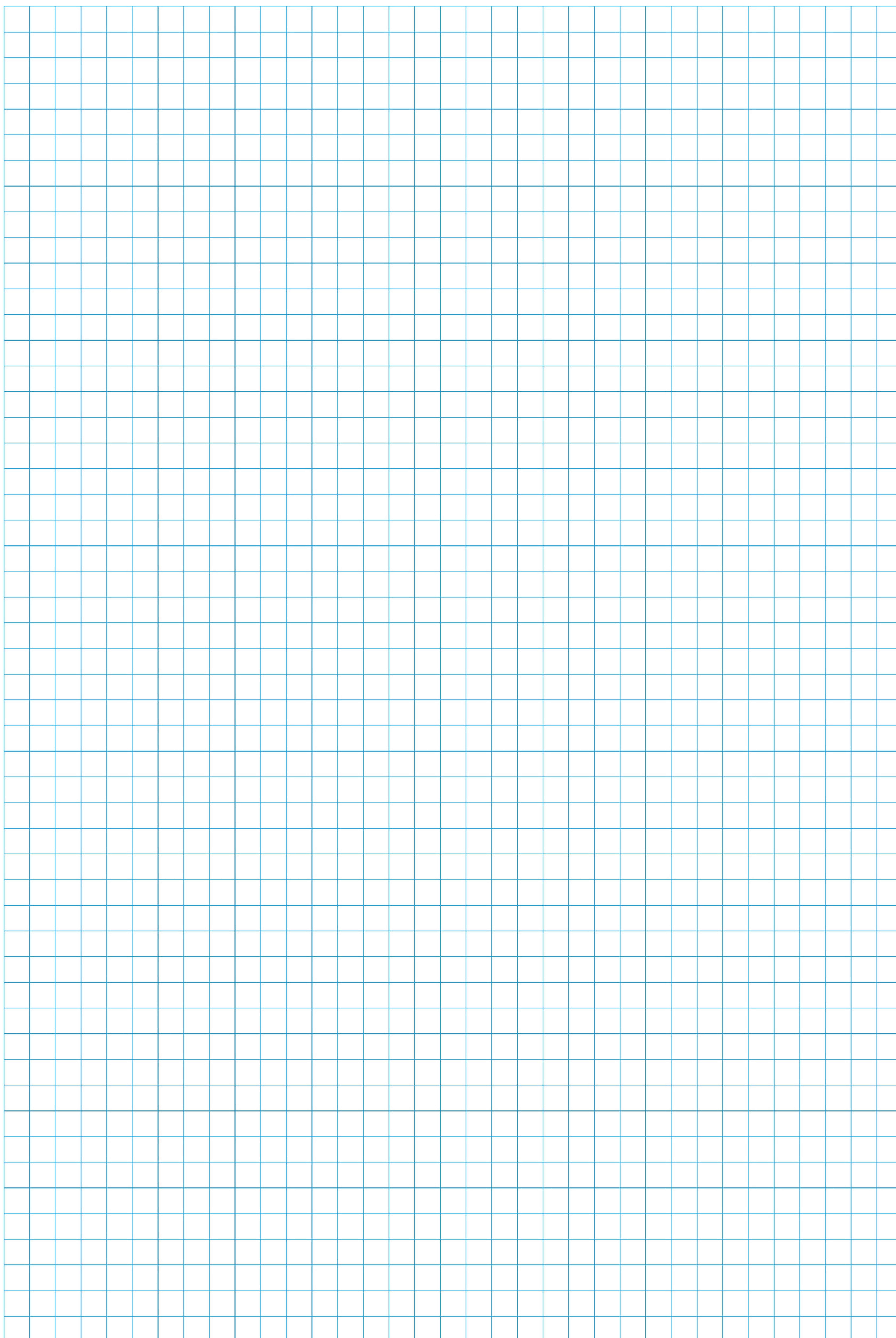
dauwpunt
Temperatuur waarbij de waterdamp in lucht gaat condenseren.

donder
Geluid dat ontstaat doordat door een bliksemstraal verhitte lucht in korte tijd zeer sterk uitzet.



Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.





3 Krachten

Krachten is nu het derde hoofdstuk omdat het een te lastig onderwerp is om mee te starten.

KRACHTEN OM JE HEEN

Er zijn allerlei soorten krachten. Spierkracht is waarschijnlijk de meest bekende kracht. Spierkracht speelt een rol bij alle bewegingen die je maakt. Zeker ook bij het sporten.





Wat weet je al over krachten?

LEERDOELEN

1 Je kunt de massa van een hoeveelheid stof bepalen.
2 Je kunt de massa omrekenen van de ene eenheid naar de andere eenheid.
3 Je kunt berekenen hoe groot de zwaartekracht op een voorwerp is.
4 Je kunt bij een hefboom aangeven hoe je een kracht het meest kunt vergroten.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over massa geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Joseph stapt op een weegschaal (figuur 1).
Hoeveel geeft de weegschaal aan?

De weegschaal geeft .... kg aan.



figuur 1 Joseph op de weegschaal.

2 Kies de juiste woorden.
Om de massa van een voorwerp te bepalen, heb je een *maatcilinder* / *weegschaal* nodig.
Voorwerpen met een grote massa *zijn zwaarder* / *nemen meer ruimte in* dan voorwerpen met een kleine massa.
Je meet de grootheid massa in de eenheid *kilogram* / *liter*.
Massa en gewicht zijn verschillende namen voor *dezelfde grootheid* / *verschillende grootheden*.

3 Reken om.

0,580 kg = ... g	163 g = ... kg
33 mg = ... g	0,403 g = ... mg
0,250 kg = ... g	0,815 kg = ... g
0,032 kg = ... g	500 g = ... kg
125 g = ... kg	33 g = ... kg

4 Een voetballer trapt tegen een bal.

a Welke kracht oefent de voetballer uit op de bal?
- ○ A magnetische kracht
- ○ B spierkracht
- ○ C veerkracht
- ○ D zwaartekracht

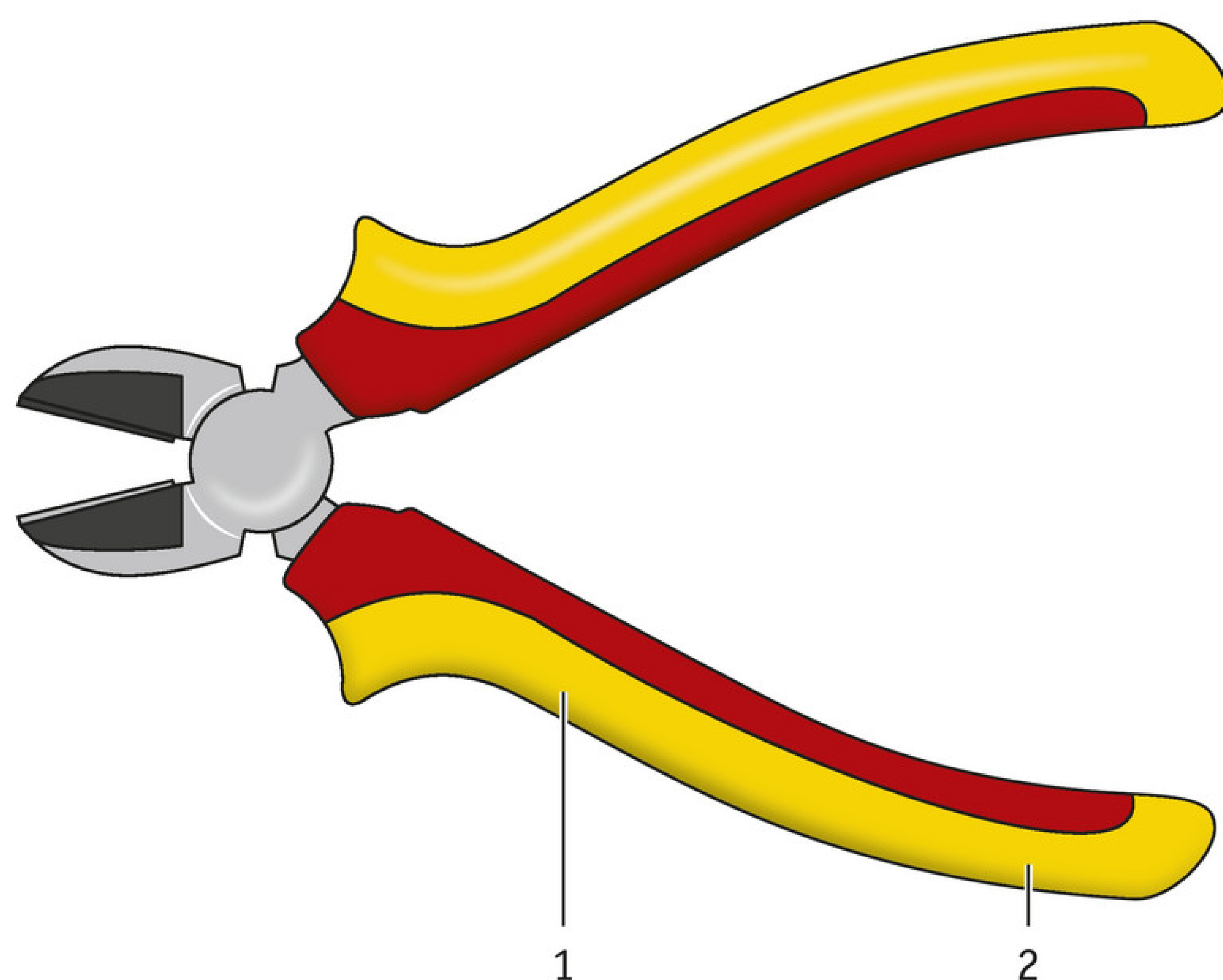
b Liesbeth laat een kopje uit haar handen vallen.
Welke kracht oefent de aarde uit op het kopje?
- ○ A magnetische kracht
- ○ B spierkracht
- ○ C veerkracht
- ○ D zwaartekracht

c Je houdt een magneet bij een ijzeren knikker.
Welke kracht oefent de magneet uit op de knikker?
- ○ A magnetische kracht
- ○ B spierkracht
- ○ C veerkracht
- ○ D zwaartekracht

5 Wat is de eenheid van kracht?
- ○ A gram
- ○ B kilogram
- ○ C newton

6 Op aarde is de zwaartekracht 10 newton (N) per kilogram.
Een bijl heeft een massa van 3 kg.
Hoe groot is de zwaartekracht op de bijl?
- ○ A 0,3 N
- ○ B 3 N
- ○ C 30 N

7 In figuur 2 zie je een kniptang. Je wilt met deze tang een koperdraad doorknippen.
Je knipt de draad het gemakkelijkst door als je met je hand knijpt op punt *1* / *2*.



figuur 2 Een kniptang.



Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Krachten herkennen

LEERDOELEN

3.1.1 Je kunt de effecten van een kracht benoemen.
3.1.2 Je kunt verschillende soorten krachten beschrijven.
3.1.3 Je kunt de drie eigenschappen van een krachtenpijl benoemen.
3.1.4 Je kunt een kracht tekenen als een pijl met het juiste aangrijpingspunt en de juiste richting.
EXTRA 3.1.5 Je kunt het verschil beschrijven tussen elastische en plastische vervorming.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.1.4	3.1.5
Onthouden	1, 2ab	3, 5, 6	4abc		
Begrijpen	8abc, 9a	7, 9b, 12abc, 13abc			14abcde, 15abcde
Toepassen				11abc	
Analyseren		10			

De wind kan een kracht op je uitoefenen. Die kracht is niet altijd even groot en werkt ook niet steeds in dezelfde richting. Hoe merk je dat?

KRACHTEN IN JE OMGEVING

Als er een **kracht** op je lichaam wordt uitgeoefend, kun je dat vaak voelen. Bijvoorbeeld:

- als iemand je een duw geeft;
- als het stevig waait;
- als je in een auto zit die plotseling snel optrekt;
- als je een tennisbal tegen je hoofd krijgt.

Krachten die op mensen of op voorwerpen worden uitgeoefend, kun je niet voelen of zien. Je kunt alleen zien welk effect die krachten hebben.

Krachten kunnen de beweging van een voorwerp veranderen. Dat zie je bijvoorbeeld bij een volleybalwedstrijd. De snelheid van de bal neemt toe als een speler de bal opslaat. De snelheid neemt af als een speler een harde bal stopt. De richting van de bal verandert als de spelers tegen de bal tikken of slaan (figuur 1).

Krachten kunnen ook de vorm van een voorwerp veranderen. Dat zie je bijvoorbeeld als een boogschutter zijn boog spant of als een turnster na een salto weer neerkomt op een trampoline (figuur 2). Als er een kracht op voorwerpen inwerkt, kunnen ze uitrekken of worden ingedrukt.



figuur 1 Bij een smash veranderen de snelheid en de richting van de bal.



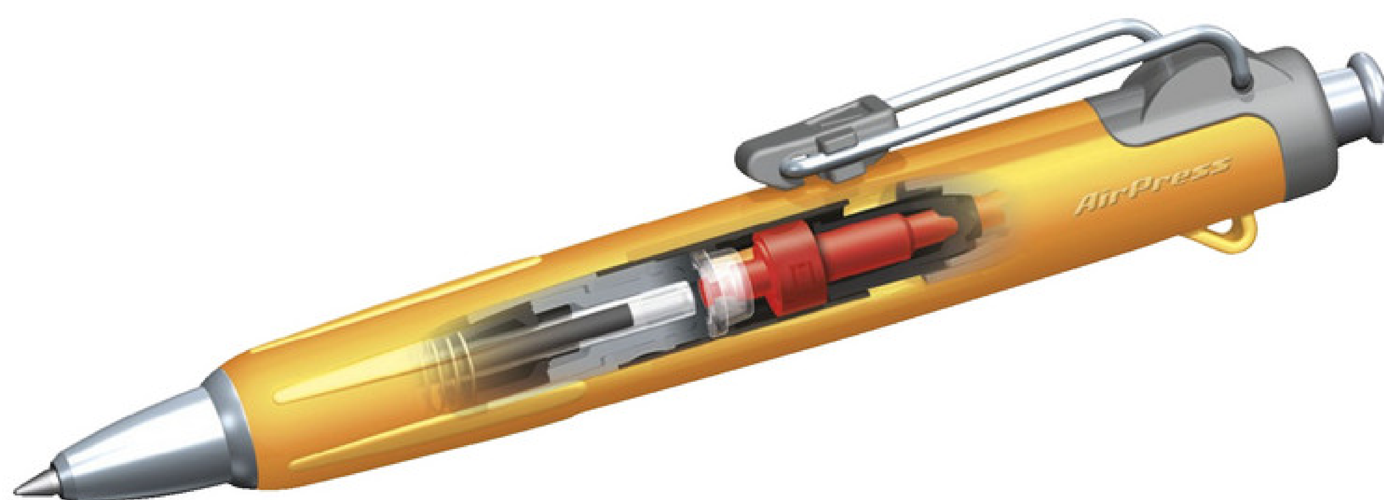
figuur 2 Bij elke sprong verandert de vorm van de springmat.

SOORTEN KRACHTEN

Er zijn allerlei soorten krachten, zoals zwaartekracht, spierkracht, veerkracht, spankracht en magnetische kracht.

Als je een sporttas optilt, oefenen je handen een kracht uit op het hengsel. Als je fietst, oefenen je voeten een kracht uit op de pedalen. In beide gevallen gebruik je **spierkracht**. Spierkracht ontstaat doordat de spieren in je lichaam samentrekken.

Als je een balpen indrukt, voel je de spiraalveer via het knopje terugduwen tegen je duim (figuur 3). Deze kracht noem je **veerkracht**. Veerkracht ontstaat als je een veerkrachtig materiaal uitrekt of indrukt. De veerkracht verdwijnt weer als het materiaal zijn oorspronkelijke vorm terugkrijgt.

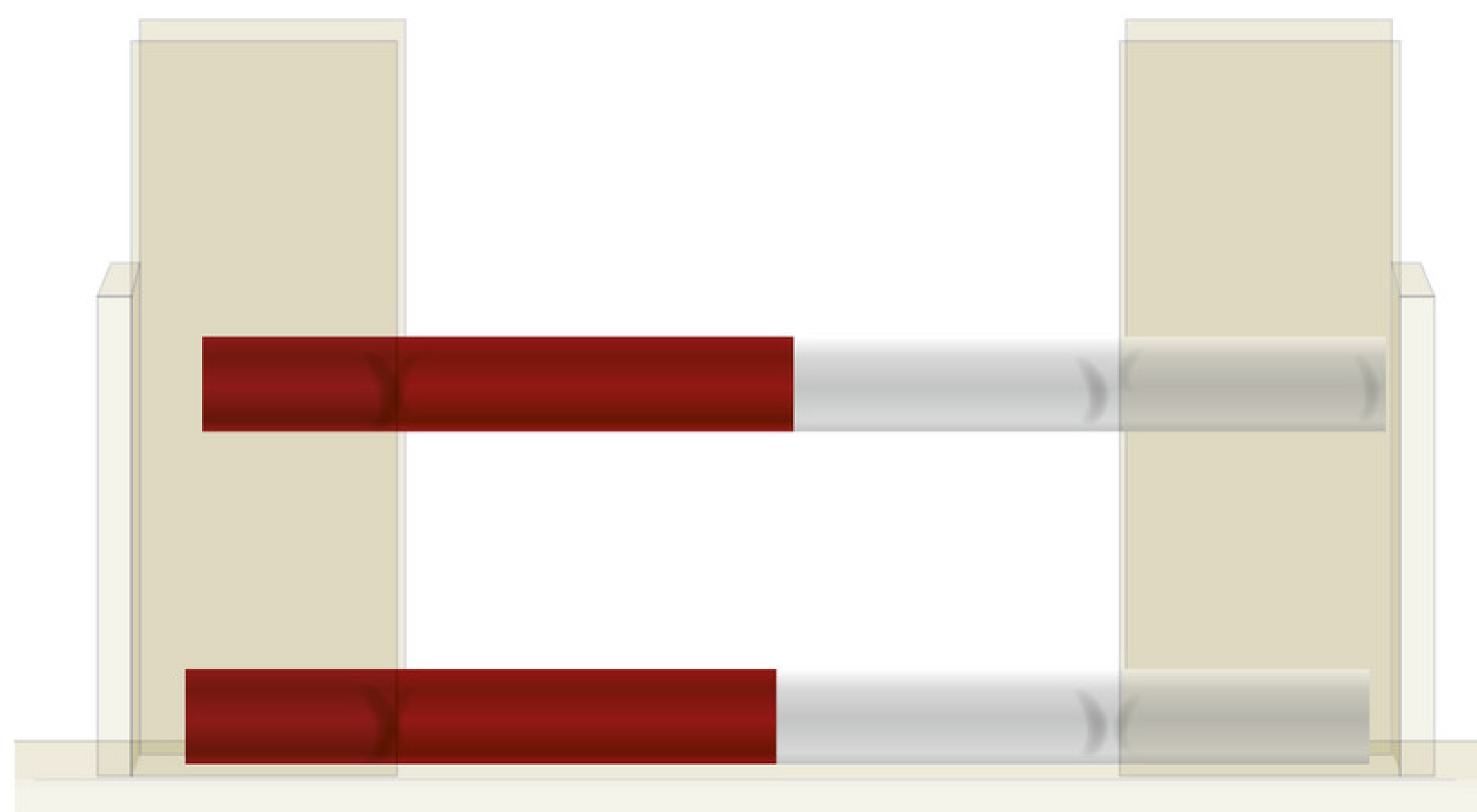


figuur 3 Als je een balpen indrukt, voel je de veerkracht.

Als je aan een touw trekt, komt het touw strak te staan. Je kunt wel harder trekken, maar het touw trekt net zo hard terug. In het touw heb je dan een **spankracht**.

Als je een fiets optilt, voel je hoe zwaar hij is. Als je de fiets daarna weer loslaat, valt hij recht naar beneden. Dat is het effect van de zwaartekracht. De **zwaartekracht** is de kracht waarmee de aarde trekt aan jou en aan alles om je heen. De zwaartekracht werkt altijd en overal op aarde.

Als je de polen (uiteinden) van twee magneten bij elkaar houdt, voel je dat er **magnetische krachten** werken. Een noordpool en een zuidpool trekken elkaar aan, maar twee noordpolen stoten elkaar af, net als twee zuidpolen. In figuur 4 zie je hoe twee magneten elkaar afstoten. De bovenste magneet zweeft, omdat er op beide polen afstotende krachten werken. Door deze afstotende krachten wordt de bovenste magneet omhooggeduwd.



figuur 4 De twee magneten stoten elkaar af.

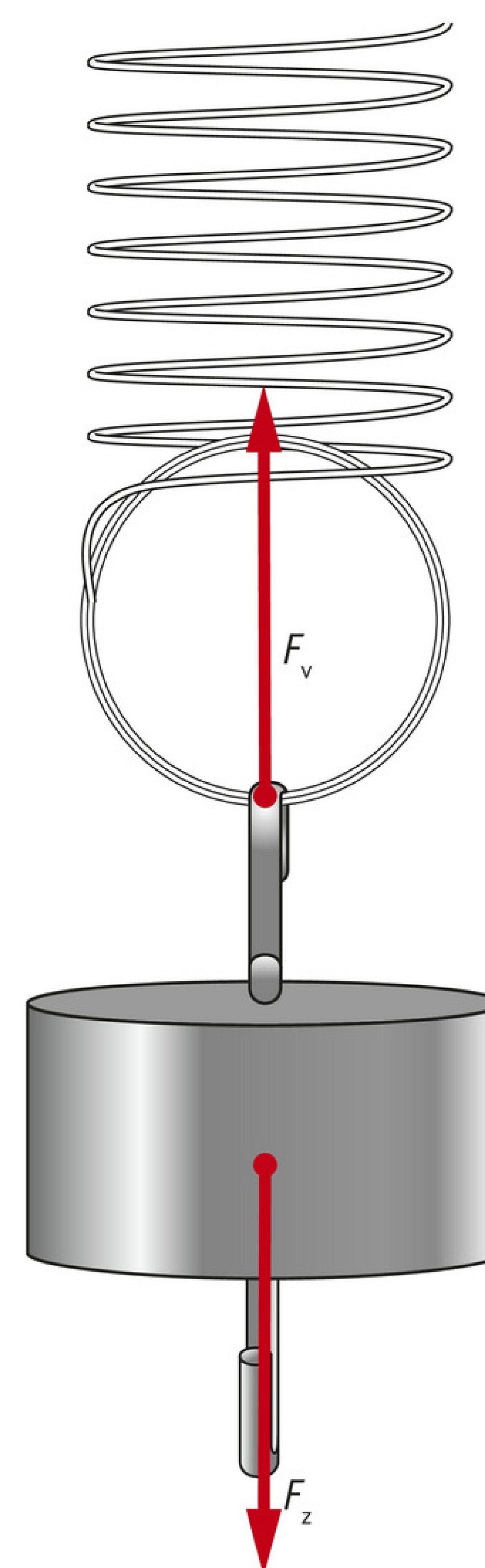
KRACHTEN TEKENEN

Een kracht kun je tekenen als een pijl:

- Het **aangrijpingspunt** van de pijl geeft aan waar de kracht wordt uitgeoefend.
- De **richting van de krachtenpijl** geeft aan in welke richting de kracht werkt.
- De **lengte van de krachtenpijl** geeft aan hoe groot de kracht is.

Om aan te geven dat het om een kracht gaat, zet je bij de pijl een F (van *force* = kracht). Met een extra letter geef je aan om welk soort kracht het gaat. Bijvoorbeeld: F_z is de zwaartekracht, F_s is de spankracht en F_v is de veerkracht.

Wil je de zwaartekracht tekenen, dan moet je alle massa van een voorwerp samengebald in één punt denken: het **zwaartepunt**. Meestal ligt het zwaartepunt midden in het voorwerp. De pijl van de zwaartekracht grijpt aan in het zwaartepunt en wijst altijd naar beneden (figuur 5). Het zwaartepunt wordt in een tekening aangegeven met een bolletje.



figuur 5 Op het gewichtje werken twee krachten: de veerkracht (omhoog) en de zwaartekracht (omlaag). De letter *F* geeft aan dat het over een kracht gaat.

EXTRA ELASTISCHE EN PLASTISCHE VERVORMING

Hoe een voorwerp vervormt, hangt af van het materiaal waarvan het is gemaakt. Sommige materialen, zoals schuimrubber, vervormen elastisch. Elastische vervorming is niet-blijvend. Je kunt schuimrubber gemakkelijk vervormen door erop te drukken (figuur 6). Als je niet meer drukt, krijgt het schuimrubber vanzelf zijn oude vorm terug. De vervorming is niet-blijvend.



figuur 6 Schuimrubber vervormt elastisch.

Er zijn ook materialen die plastisch vervormen. Als daar een kracht op werkt, verandert het materiaal blijvend van vorm. Plastische vervorming is blijvend. Boetseerklei is een goed voorbeeld. Als je daarop duwt met je duim, blijft de indruk van je duim zichtbaar. De klei veert niet terug.

Een ijzeren veer vervormt eerst elastisch als je eraan trekt. Maar als je te hard trekt, gaat de veer kapot. Hij veert dan niet meer terug: de vervorming is blijvend (plastisch). Bij veiligheidsgordels in de auto is dat ook zo. Als je aan de gordels trekt, rekken ze een beetje uit. Dat is geen probleem. Maar bij een botsing zijn de krachten zo groot dat de gordels blijvend uitrekken. Ze moeten dan worden vervangen.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

Krachten kun je niet voelen of zien, maar je kunt .... van de kracht wel zien.

2 **a** Wat kunnen krachten aan een voorwerp veranderen?

....

....

b Een beweging kan op twee manieren veranderen:

- doordat de .... van de beweging toeneemt of afneemt;
- doordat de .... verandert waarin het voorwerp beweegt.

3 Een touw staat strakgespannen.
Welke kracht werkt er in het touw?

○ A spankracht
○ B spierkracht
○ C veerkracht
○ D zwaartekracht

4 Je kunt een kracht tekenen als een pijl.
Vul de juiste woorden in.

a Het aangrijpingspunt van de pijl geeft de .... aan waar de kracht wordt uitgeoefend.

b De richting van de pijl geeft de .... aan waarin de kracht werkt.

c De lengte van de pijl geeft aan hoe ....de kracht is.

5 Iedere magneet heeft een noordpool en een zuidpool. Je brengt een noordpool van een magneet bij een zuidpool van een andere magneet.
Wat kun je zeggen over de krachten op de twee magneten?

○ A Er werken alleen aantrekkende krachten.
○ B Er werken alleen afstotende krachten.
○ C Er werken zowel aantrekkende als afstotende krachten.

6 Als je het knopje van een balpen indrukt, werkt de balpen je spierkracht tegen.
Wat voor kracht oefent de balpen dan uit?

○ A spankracht
○ B spierkracht
○ C veerkracht
○ D zwaartekracht

TOEPASSING

7 Lees de beschreven vier gebeurtenissen.
Bij welke gebeurtenis wordt spierkracht uitgeoefend?
○ A Bij voetbal wordt een bal in het doel geschopt.
○ B Bladeren worden van een boom geblazen.
○ C Een uitgerekte veer springt terug in zijn beginvorm.
○ D Een zware halter valt op de grond.

8 Bekijk de foto's in figuur 7.
Waaraan kun je zien dat er een kracht werkt:
a op het elastiek?

....

b op de polsstok?

....

c op de auto?

....

figuur 7 Krachten veranderen de vorm van een voorwerp.







9 Bekijk figuur 7a nog eens. Er werken twee krachten.
a Hoe heet de kracht waardoor het elastiek uitrekt?

....

b Hoe heet de kracht die op de handen van de jongen werkt?

....

★ 10 Kijk nog eens naar figuur 7a. De jongen beweegt zijn handen wat verder naar beneden.
Leg uit wat er dan gebeurt met de veerkracht van het elastiek.

....

....

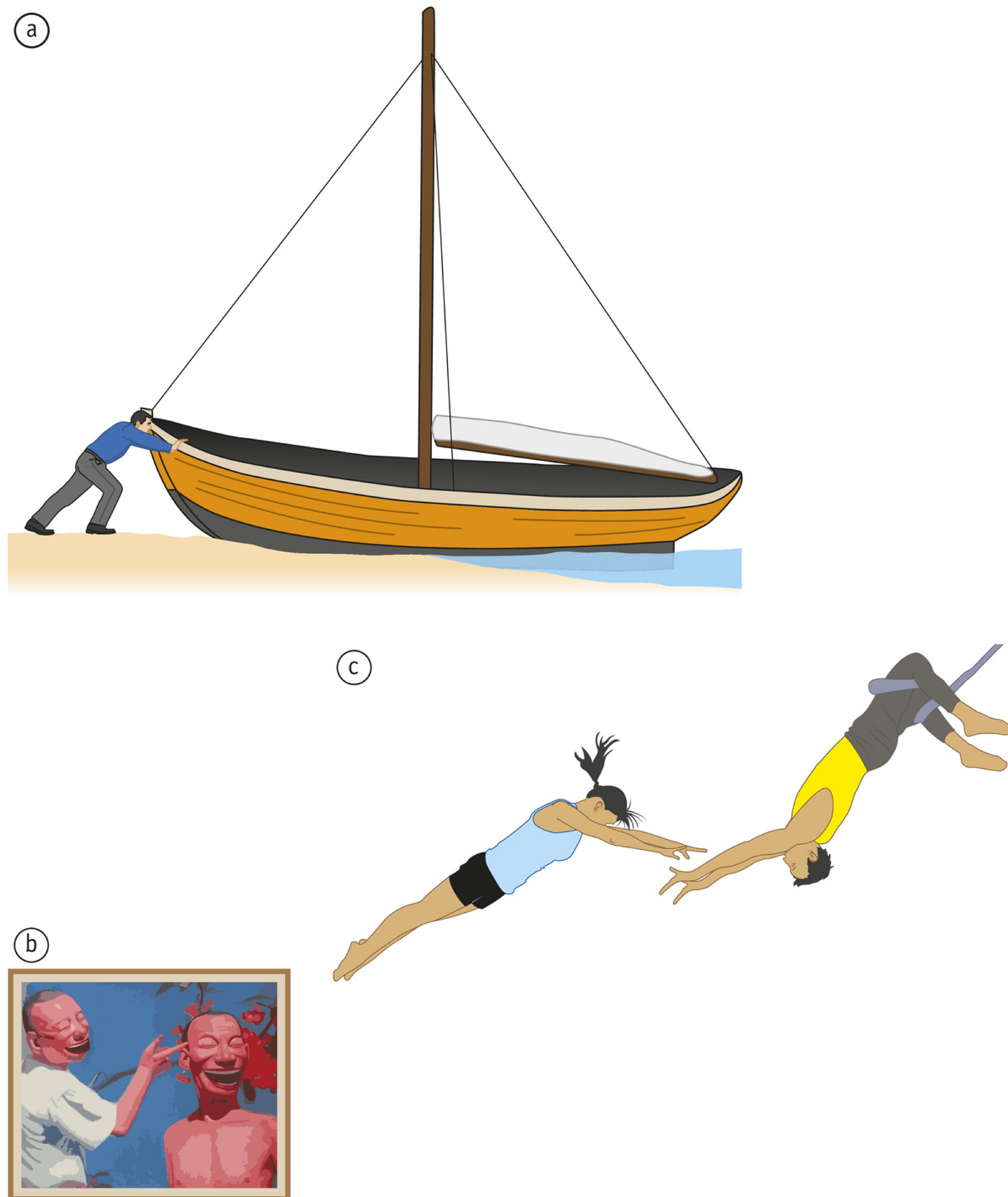
11  In figuur 8 zijn drie situaties getekend waarin krachten werken.

a Teken de kracht die de man op de boot uitoefent als een pijl van 3 cm (naar rechts).

b Teken de kracht die het touw op het schilderij uitoefent als een pijl van 4 cm (omhoog).

c Teken de kracht die de aarde op de linker acrobaat uitoefent als een pijl van 4 cm (omlaag).

figuur 8 Drie soorten krachten.



12 Hoe heten de krachten die je bij opdracht 11 hebt getekend?

a in figuur 8a: ....

b in figuur 8b: ....

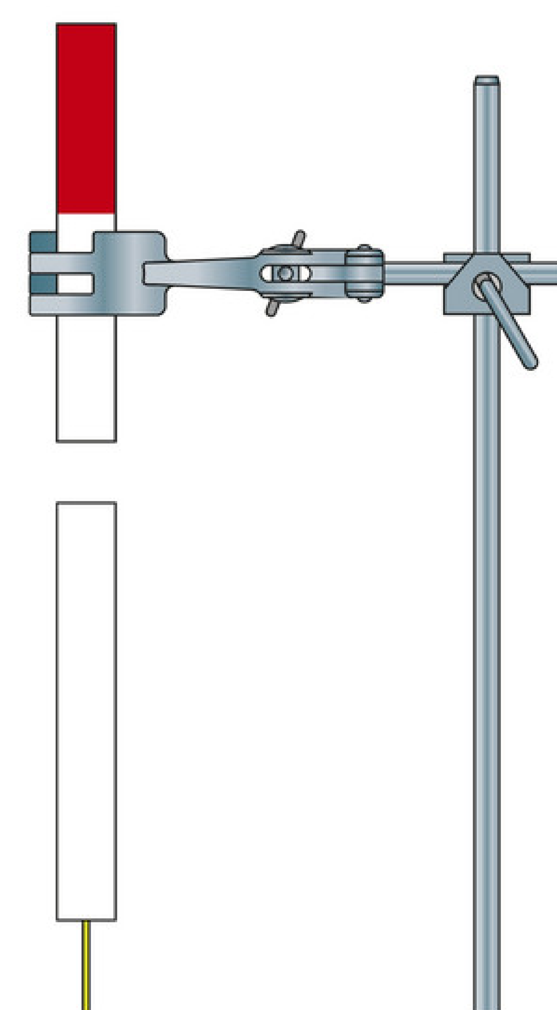
c in figuur 8c: ....

13 In figuur 9 zie je hoe je een magneet kunt laten zweven met behulp van een andere magneet. Op de onderste magneet werken drie krachten.
Noteer de juiste krachten.

a De .... trekt de magneet naar beneden.

b De .... zorgt ervoor dat de magneet niet naar beneden valt.

c De .... in het touw zorgt ervoor dat de onderste magneet niet naar de bovenste magneet toe beweegt.



figuur 9 Een zwevende magneet.

EXTRA ELASTISCHE EN PLASTISCHE VERVORMING

14 Op welke manier vervormt:

a het rubber van een massief stuiterballetje? *elastisch / plastisch*
b de klei waarmee een pottenbakker werkt? *elastisch / plastisch*
c de kunststof waarvan een duikplank is gemaakt? *elastisch / plastisch*
d het schuimrubber binnen in een matras? *elastisch / plastisch*
e het staal van het veertje in een balpen? *elastisch / plastisch*

15 Is de vervorming van het onderstreepte voorwerp elastisch of plastisch in de beschreven situaties?

a Een turner zet zich krachtig af op een trampoline. *elastisch / plastisch*
b Een hond zakt weg in de pas gevallen sneeuw. *elastisch / plastisch*
c Een loodgieter maakt een bocht in een koperen buis. *elastisch / plastisch*
d Een dunne tak buigt door als er een kat op zit. *elastisch / plastisch*
e Theo rijdt een deuk in zijn nieuwe auto. *elastisch / plastisch*



Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Krachten meten

LEERDOELEN

3.2.1 Je kunt het verband beschrijven tussen de uitrekking van een veer en de kracht die op de veer werkt.
3.2.2 Je kunt krachten meten met een krachtmeter (veerunster).
3.2.3 Je kunt de zwaartekracht op een voorwerp berekenen als de massa is gegeven.
3.2.4 Je kunt uitleggen wat een krachtenschaal is.
3.2.5 Je kunt een kracht op een gegeven krachtenschaal tekenen.
EXTRA 3.2.6 Je kunt beschrijven dat *g* niet op alle hemellichamen gelijk is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.2.4	3.2.5	3.2.6
Onthouden	1abc		2	3ab	3c	15abd
Begrijpen	5, 6, 8ab, 9a, 10bc	10a			4, 7b	15c
Toepassen	9bc	11	7a, 12abc		13abc, 14ab	16abcde
Analyseren						

Een kracht kun je niet zien, maar wel meten. Hoe zou je kunnen zien dat de ene kracht groter is dan de andere?

EEN SPIRAALVEER UITREKKEN

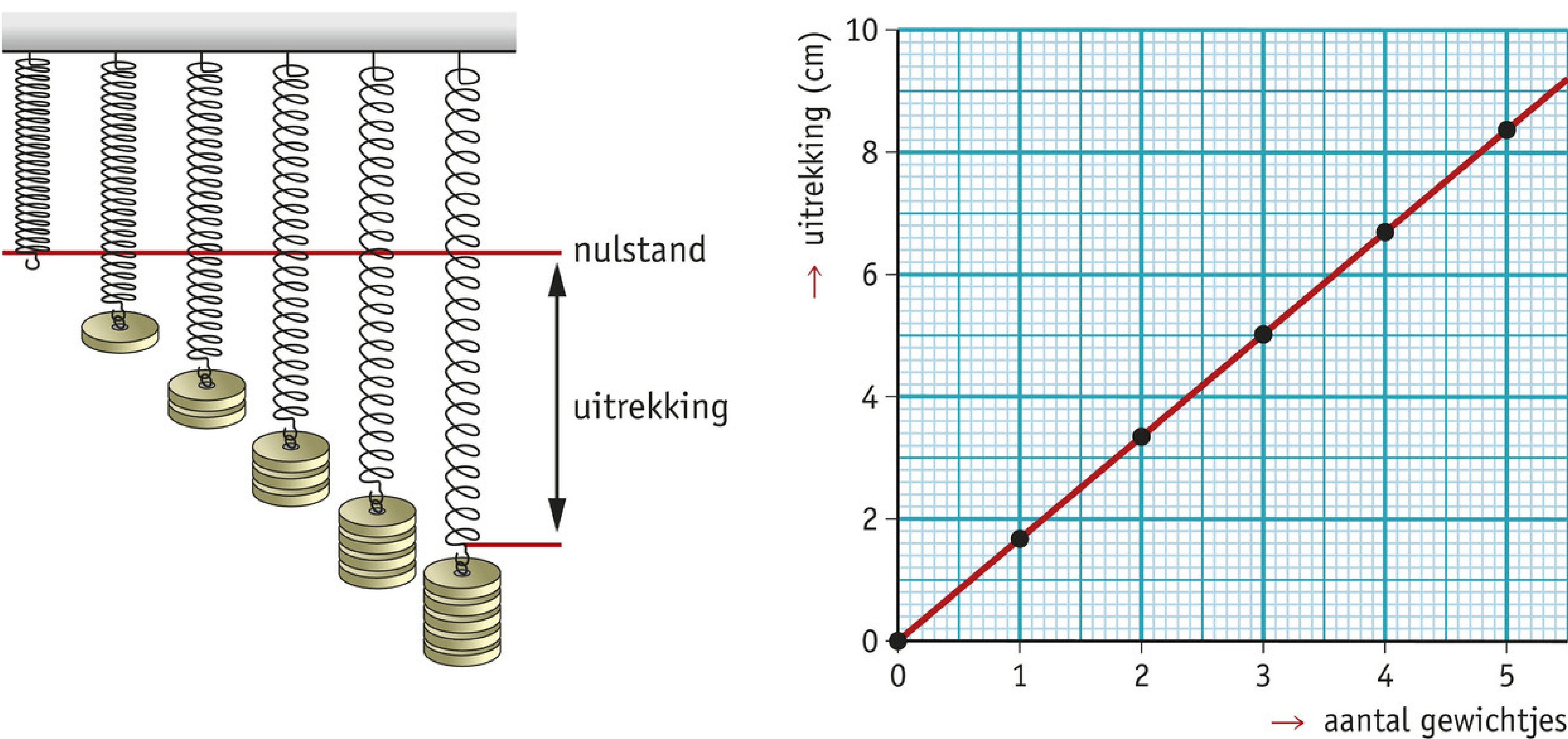
PROEF 1 EN 2

Een spiraalveer rekt uit als je eraan trekt. Hoe groter de kracht, hoe verder de veer uitrekt. Je kunt dat nagaan door gewichtjes aan een spiraalveer te hangen. Elke keer dat er een gewichtje bij komt, wordt de veer langer.

In figuur 1 is getekend hoe je de **uitrekking** van een veer kunt bepalen. De uitrekking is het aantal centimeter dat de veer langer wordt. Als je zo'n proef doet, merk je dat de uitrekking 'gelijk opgaat' met de kracht op de veer:

- Als de kracht 2× zo groot wordt, wordt de uitrekking ook 2× zo groot.
- Als de kracht 3× zo groot wordt, wordt de uitrekking ook 3× zo groot.

Enzovoort.



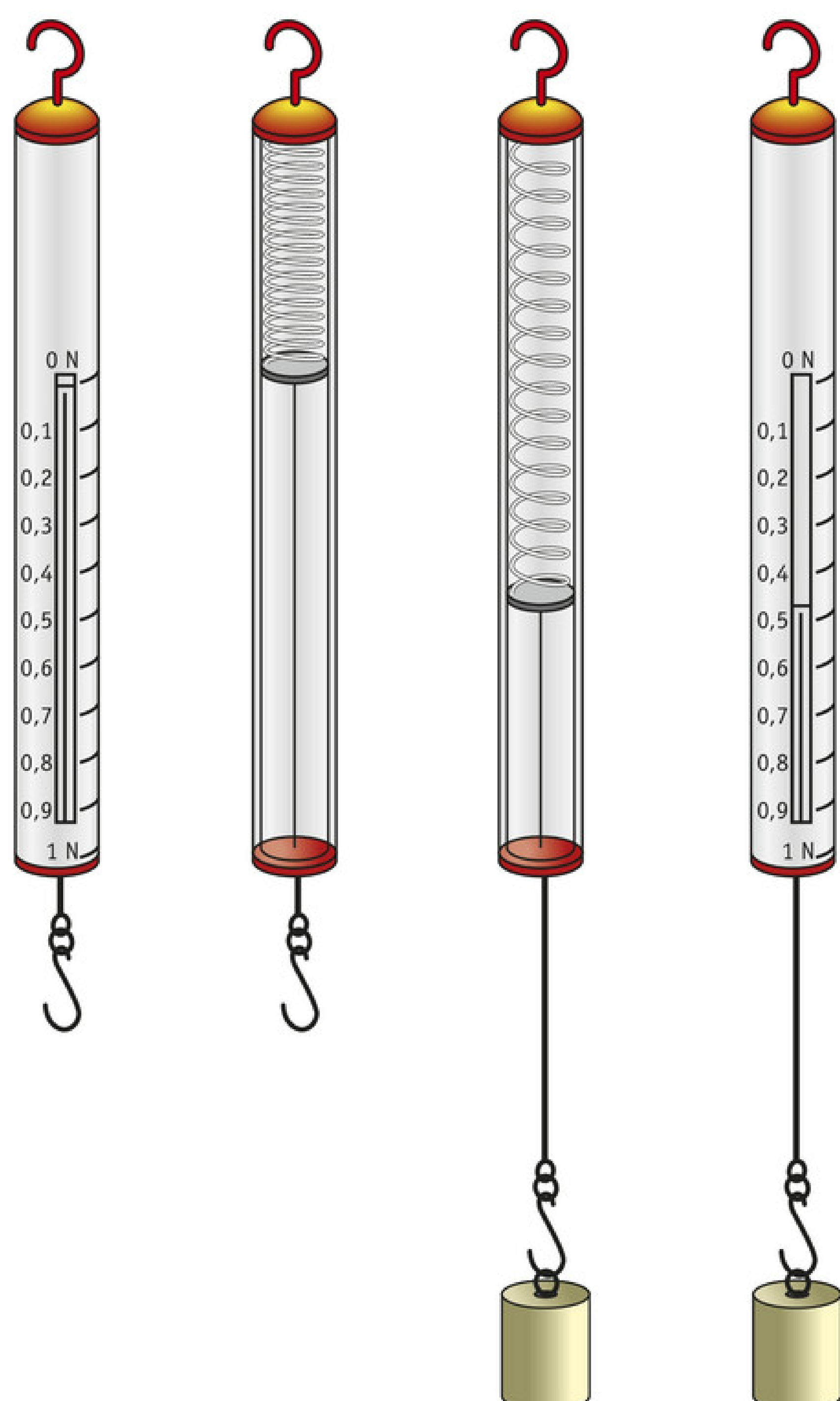
figuur 1 Een proef met een spiraalveer.

De uitrekking geeft dus aan hoe groot de kracht op de veer is. Dat betekent dat je met een spiraalveer de grootte van de kracht kunt meten.

KRACHTMETER

PROEF 3

In figuur 2 zie je hoe een **krachtmeter** in elkaar zit. In een metalen buis is een spiraalveer opgehangen. Als je aan het haakje onder aan de veer trekt, rekt de veer uit. Het wijzertje geeft dan aan hoe groot de kracht is. Een krachtmeter noem je ook wel **veerunster**.



figuur 2 Zo werkt een krachtmeter.

Sommige krachtmeters hebben een **slappe veer** die gemakkelijk uitrekt. Zulke krachtmeters gebruik je om kleine krachten te meten. Een slappe veer wordt door een kleine kracht al zichtbaar uitgerekt.

Er zijn ook krachtmeters met een **stugge veer**. Die gebruik je als je grotere krachten moet meten. Voor het meten van kleine krachten zijn ze niet geschikt.

ZWAARTEKRACHT EN MASSA

Krachtmeters hebben een schaalverdeling in newton (N). Deze eenheid is genoemd naar de Engelse natuurkundige Isaac Newton (1642–1727). Newton onderzocht welke rol de zwaartekracht speelt in het heelal. Daarbij ontdekte hij dat de zwaartekracht niet overal in het heelal even groot is. De zwaartekracht van de aarde is bijvoorbeeld groter dan de zwaartekracht van de maan.

Je kunt de zwaartekracht op een voorwerp berekenen met de formule:

zwaartekracht = massa van het voorwerp × sterkte van de zwaartekracht

of in symbolen:

$$F_z = m \cdot g$$

In deze formule is:
- F_z de zwaartekracht op een voorwerp in newton (N);
- *m* de massa van het voorwerp in kilogram (kg);
- *g* de sterkte van de zwaartekracht in newton per kilogram (in N/kg).

Het symbool *g* komt van **gravitatie** = zwaartekracht. Op aarde heeft *g* de waarde 10 N/kg, waar je ook bent.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een glas met water heeft een massa van 250 gram.
Bereken de zwaartekracht op het glas water.

gegevens $m = 250$ g
Reken eerst de massa om naar kg.
Dit doe je door het getal in gram te delen door 1000.
$m = \frac{250\text{ g}}{1000} = 0{,}250$ kg
$g = 10$ N/kg

gevraagd $F_z = ?$

uitwerking $F_z = m \cdot g = 0{,}250 \times 10 = 2{,}5$ N

KRACHTEN OP SCHAAL TEKENEN

Als je een kracht wilt tekenen, moet je eerst een krachtenschaal kiezen. Daarna kun je de krachtenpijl de juiste lengte geven. In figuur 3 is als **krachtenschaal** gebruikt: 1 cm ≙ 50 N. Het symbool ≙ staat voor: komt overeen met. Dat betekent dat een pijl van 1 cm een kracht van 50 N voorstelt. Een kracht van 150 N teken je op deze schaal als een pijl van 3 cm.

De schaal 1 cm ≙ 50 N is niet geschikt als je een kracht wilt tekenen van 2000 N. Je zou dan een pijl krijgen van 40 cm. Dat is veel te lang. Kies de krachtenschaal daarom zo, dat je de grootste kracht nog op het papier kunt tekenen.



figuur 3 De spierkracht op een schooltas.

EXTRA ZWAARTEKRACHT OP ANDERE PLANETEN

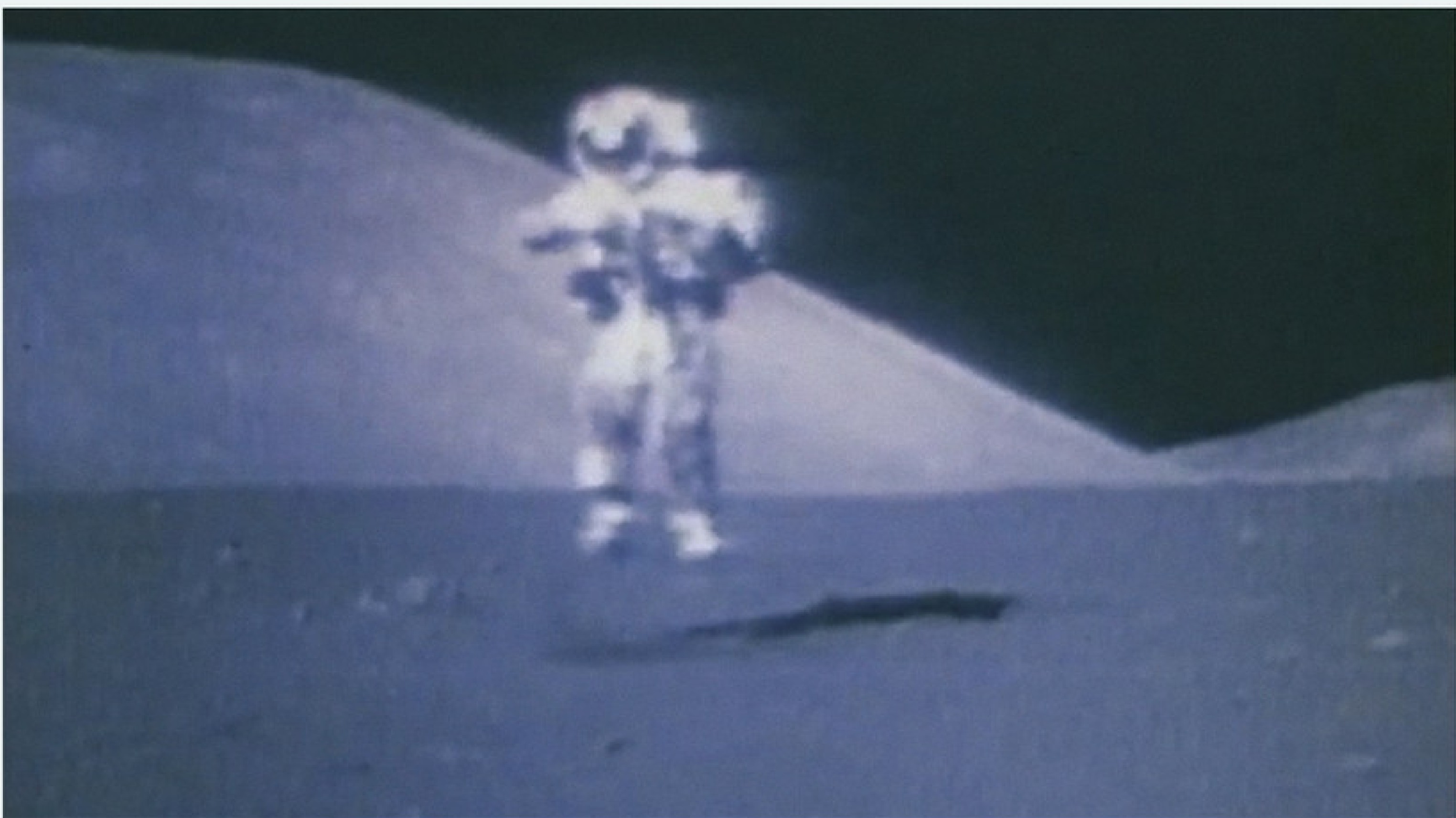
Op aarde is de zwaartekracht op een voorwerp overal even groot. Dat kun je controleren door een steen van 1,0 kg aan een krachtmeter te hangen. De krachtmeter geeft altijd 10 N aan, waar op aarde je ook bent: *g* is overal 10 N/kg.

Als je deze proef op de maan zou doen, krijg je een ander resultaat. De krachtmeter geeft dan maar 1,6 N aan als er een steen van 1,0 kg aan hangt. Op de maan heeft *g* de waarde 1,6 N/kg: ongeveer een zesde van de waarde op aarde. Zou je *g* op een planeet meten, dan vind je weer een andere waarde (tabel 1).

tabel 1 De sterkte van de zwaartekracht op de maan en op enkele planeten.

hemellichaam	waarde van *g*
aarde	10 N/kg
maan	1,6 N/kg
Mars	3,7 N/kg
Mercurius	3,7 N/kg
Venus	8,9 N/kg

Dat *g* op de maan veel kleiner is dan op aarde, kun je zien aan de video-opnames die op de maan zijn gemaakt. De astronauten kunnen op de maan erg hoog springen, veel hoger dan op aarde (figuur 4). Als ze van een rotsblok af springen, komen ze ook veel zachter neer. Het lijkt wel of ze in slow motion bewegen.



figuur 4 Met dezelfde spierkracht spring je op de maan veel hoger.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Lees de drie beweringen en kies steeds de juiste mogelijkheid.

a Hoe meer gewichtjes aan een veer worden gehangen, hoe verder die veer wordt uitgerekt. *waar / onwaar*

b De uitrekking van een veer geeft aan hoe groot de kracht is. *waar / onwaar*

c De uitrekking van een veer is gelijk aan de totale lengte van de veer. *waar / onwaar*

2 Op een voorwerp van 1 kg werkt de zwaartekracht.
Hoe groot is de zwaartekracht op dit voorwerp?
- ○ A 0,1 N
- ○ B 1 N
- ○ C 10 N
- ○ D 100 N

3 Vul in.

a Als je een kracht wilt tekenen, moet je eerst een .... kiezen.

b 1 cm ≙ 50 N betekent dat een pijl van 1 cm een kracht van .... N voorstelt.

c Een kracht van 150 N teken je op deze schaal als een pijl van .... cm.

4 Jaap tekent een krachtenpijl van 5 cm. Hij zet erbij: 1 cm ≙ 10 N.
Hoe groot is de kracht die Jaap met zijn pijl aangeeft?
- ○ A 1 N
- ○ B 5 N
- ○ C 10 N
- ○ D 50 N

5 Een veer kan slap of stug zijn.
Slappe veren rekken *makkelijker* / *moeilijker* uit dan stugge veren.
Slappe veren worden gebruikt om *grote* / *kleine* krachten te meten.

TOEPASSING

6 Wat gebeurt er als je de kracht op een spiraalveer verdubbelt?
- ○ A Dan wordt de lengte van de veer 2× zo groot.
- ○ B Dan wordt de lengte van de veer 4× zo groot.
- ○ C Dan wordt de uitrekking van de veer 2× zo groot.
- ○ D Dan wordt de uitrekking van de veer 4× zo groot.

Gebruik in de volgende opgaven waar nodig het gegeven dat op aarde geldt: g = 10 N/kg.

7 In een tuinwinkel wordt strooizout verkocht in zakken van 25 kg.

a Bereken de zwaartekracht op zo'n zak strooizout.

....

....

....

....

b Monique tekent deze kracht als een pijl van 5 cm.
Welke krachtenschaal heeft ze gebruikt?

1 cm ≙ .... N

8 Brenda en Duygu testen hun spierkracht met hetzelfde elastiek (figuur 5).

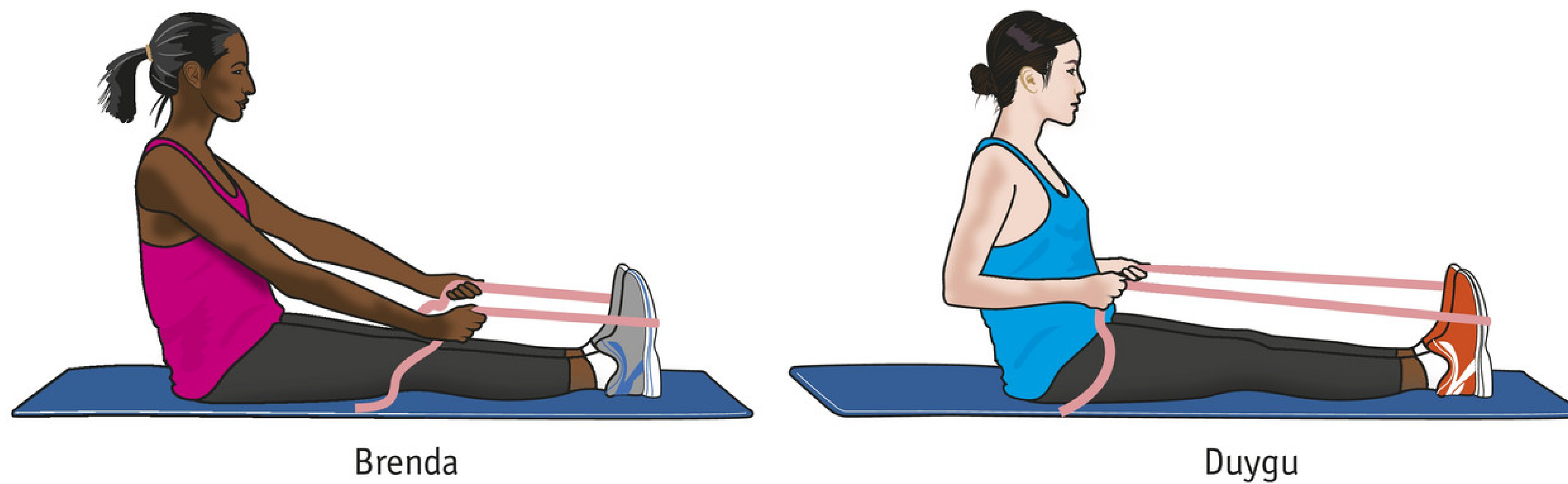
a Wie van beiden oefent de grootste kracht uit? *Brenda / Duygu*

b Waaraan zie je dat?

....

....

figuur 5 Wie is sterker: Brenda of Duygu?



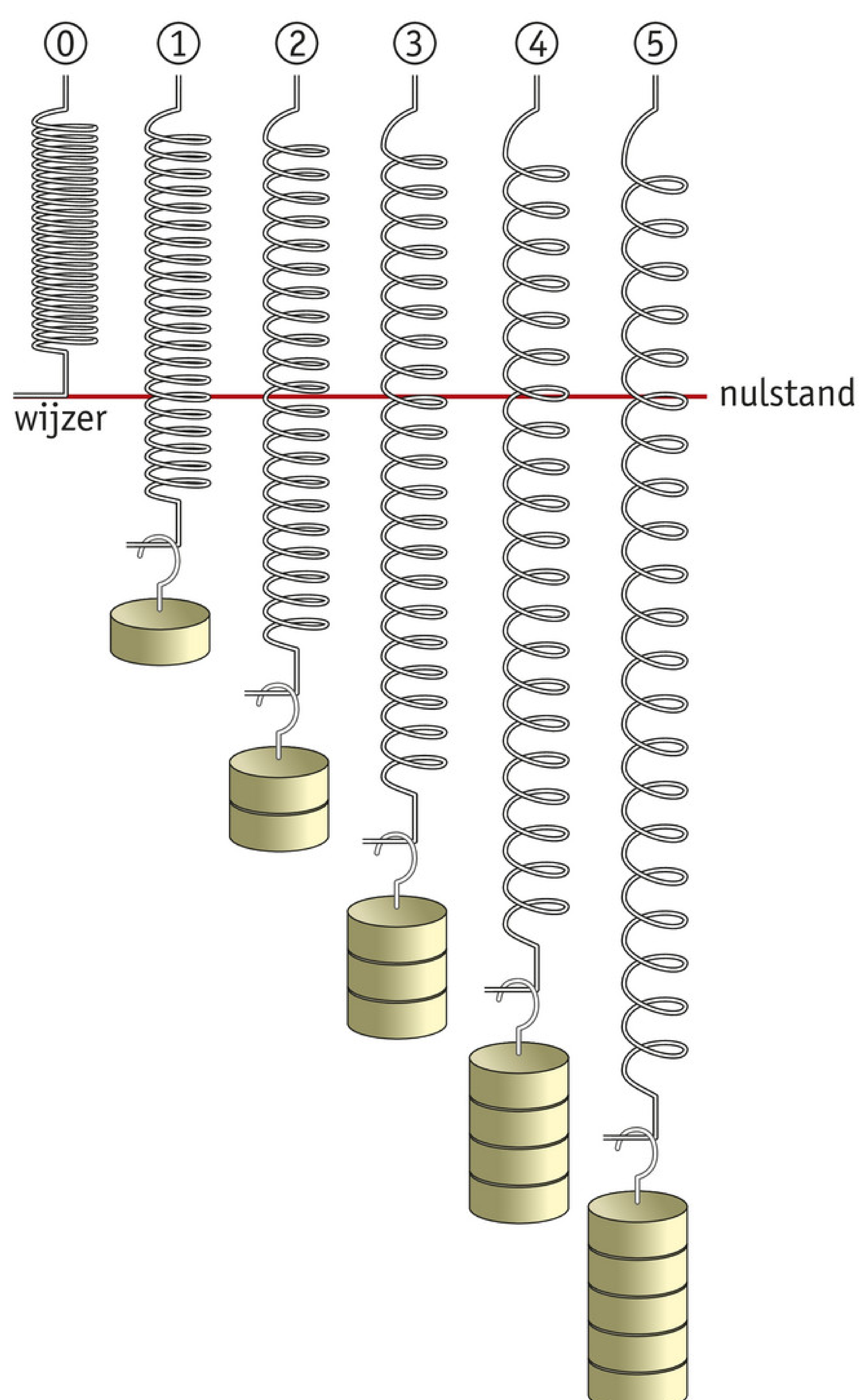
9  Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.
Willem doet een proef met een spiraalveer (figuur 6). In tabel 2 zie je een deel van zijn meetgegevens.

a Vul de tabel verder in.

b Teken in figuur 7 de grafiek van deze proef.

c Bepaal met behulp van de grafiek:

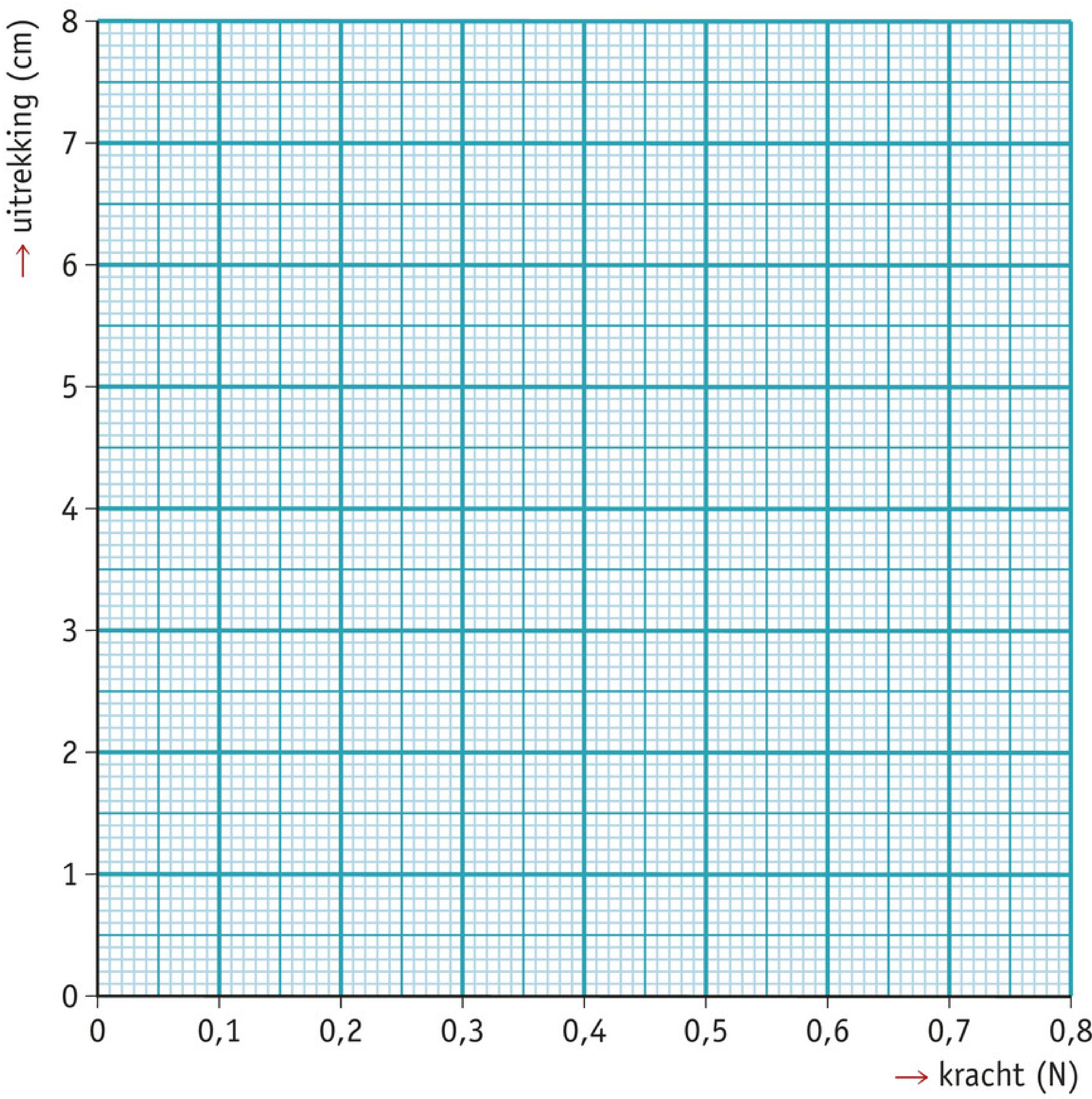
- hoe ver de veer wordt uitgerekt door een kracht van 0,5 N: .... cm
- hoe ver de veer wordt uitgerekt door een kracht van 0,8 N: .... cm



figuur 6 De proef van Willem.

tabel 2 De meetresultaten van Willem.

aantal gewichtjes	kracht op de veer (N)	uitrekking(cm)
0	0	0
1	0,15	1,2
2	0,30	



figuur 7 De grafiek van Willem.

10 In figuur 8 zie je drie krachtmeters.

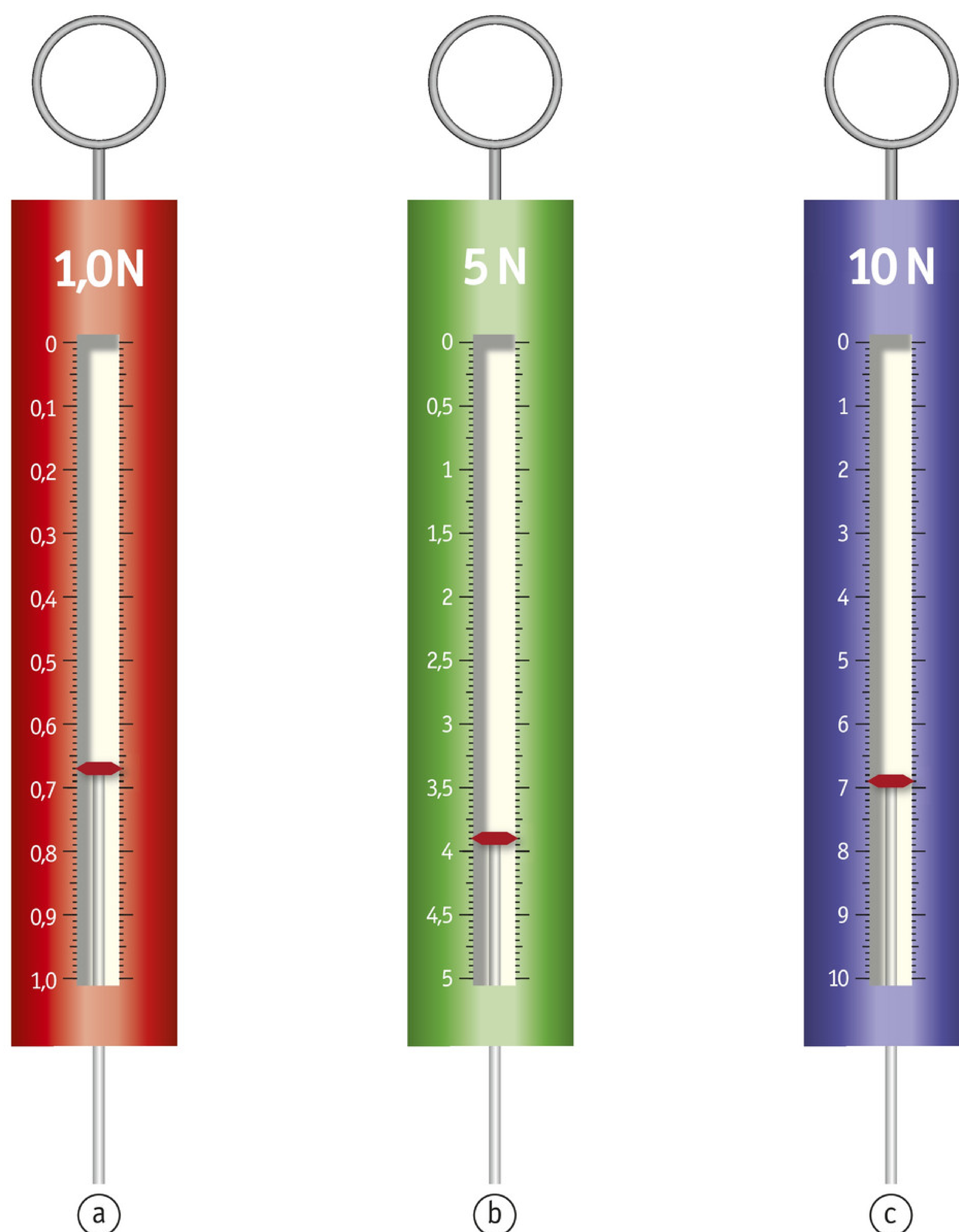
a Hoe groot is de kracht:

- die krachtmeter a aangeeft? .... N
- die krachtmeter b aangeeft? .... N
- die krachtmeter c aangeeft? .... N

b In welke krachtmeter zit de stugste veer? in krachtmeter *a* / *b* / *c*

c In welke krachtmeter zit de slapste veer? in krachtmeter *a* / *b* / *c*

figuur 8 Drie krachtmeters.



11 Kijk nog eens naar figuur 8. Aan de krachtmeters hangen voorwerpen. Het voorwerp aan krachtmeter a wordt aan krachtmeter b gehangen, samen met het voorwerp dat al aan b hing.
Wat geeft krachtmeter b nu aan?

....

★ 12 Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Bekijk de krachtmeters uit figuur 8 opnieuw.
Bereken de massa van de voorwerpen die aan deze krachtmeters hangen.

a krachtmeter a:

....

....

....

....

....

b krachtmeter b:

....

....

....

....

....

c krachtmeter c:

....

....

....

....

....

13  In figuur 9 zijn drie krachten getekend. De krachtenschaal is 1 cm ≙ 80 N.
Meet de pijlen en bereken hoe groot elke kracht is.

a kracht a:

De lengte van de pijl is: .... cm.

De kracht is dus: .... × 80 N = ... N.

b kracht b:

....

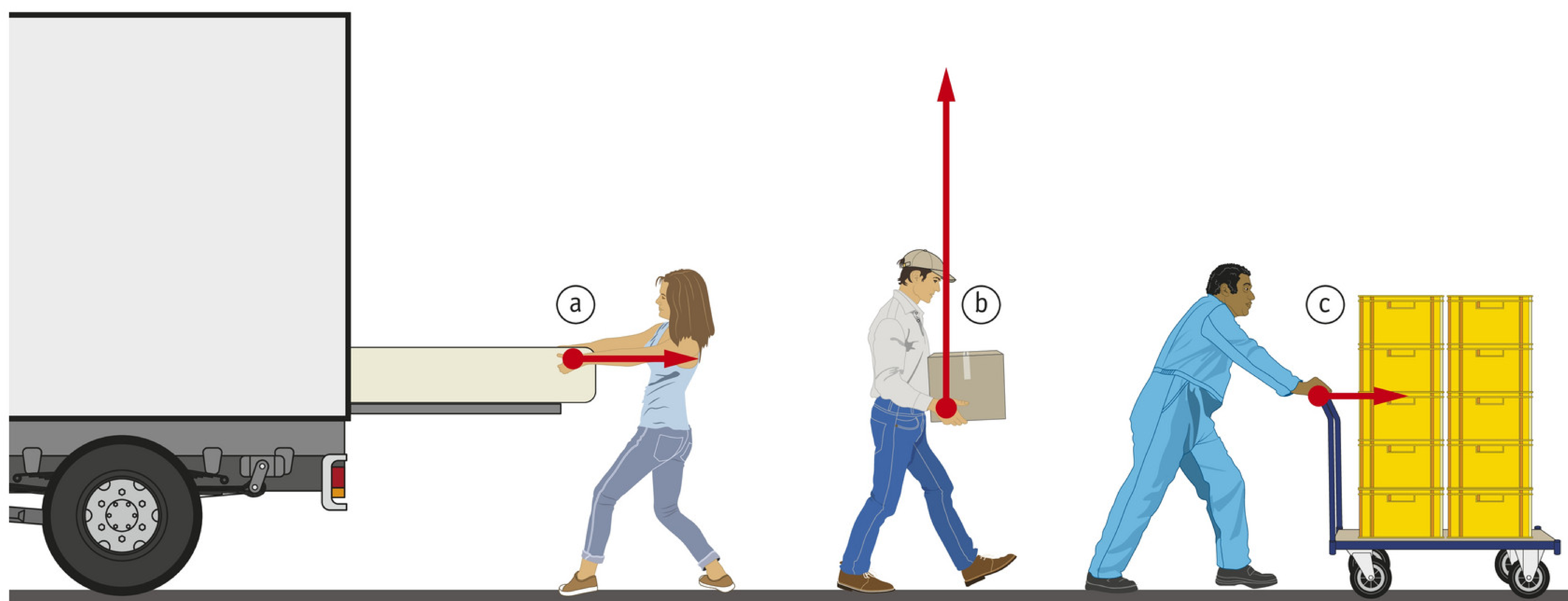
....

c kracht c:

....

....

figuur 9 Om te verhuizen is kracht nodig.



★ 14 Zie de vaardigheid *Rekenen met verhoudingen*.
Als je een kracht gaat tekenen, kies je eerst een krachtenschaal. Daarna bepaal je de lengte van de krachtenpijl. Het is vaak handig om daarvoor een verhoudingstabel te maken.
Annemarie moet een kracht van 57 N tekenen. Als krachtenschaal kiest ze 1 cm ≙ 15 N.
Hierna zie je hoe ze de lengte van de krachtenpijl berekent:

: 15 → x 57 →

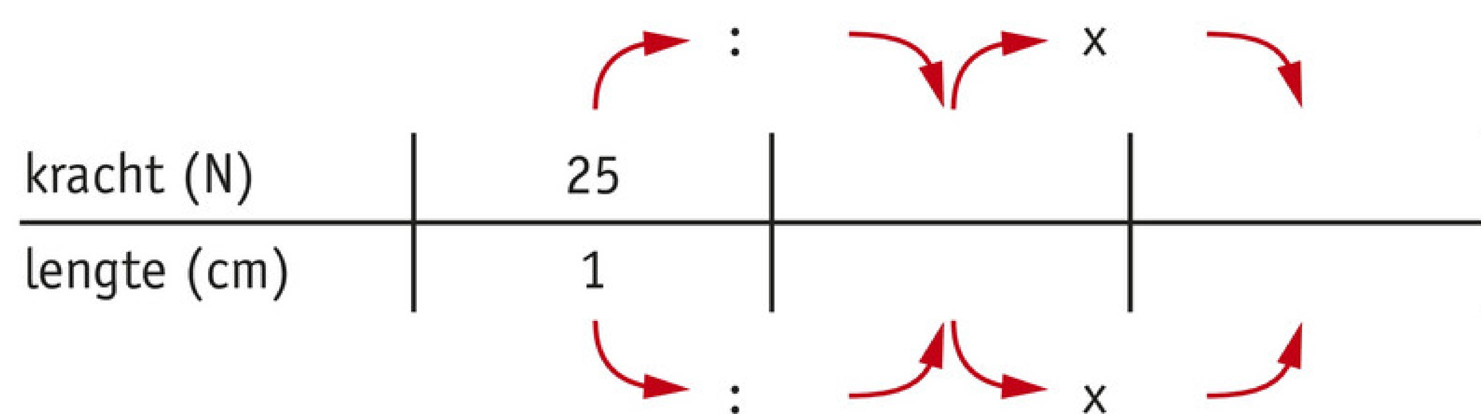
kracht (N)	15	1	57
lengte (cm)	1	0,0667	3,8

: 15 → x 57 →

De krachtenpijl wordt 3,8 cm.

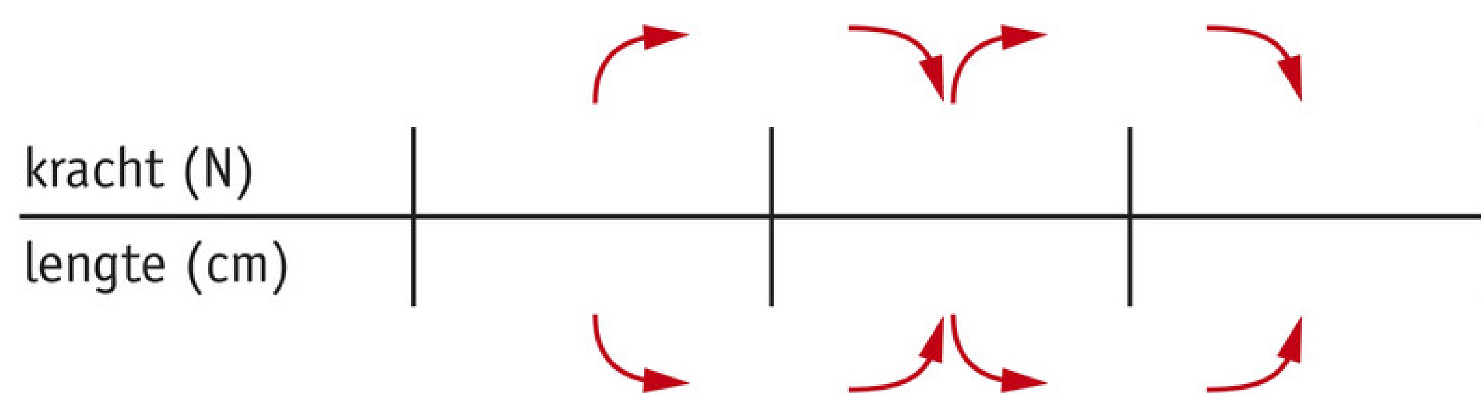
Bereken hoe lang de krachtenpijl wordt in de volgende gevallen.

a Een kracht van 90 N en een schaal van 1 cm ≙ 25 N.



De krachtenpijl wordt .... cm.

b Een kracht van 168 N en een schaal van 1 cm ≙ 40 N.



De krachtenpijl wordt .... cm.



Meer oefening nodig met het *rekenen met verhoudingen*?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 2 Krachten meten.

EXTRA ZWAARTEKRACHT OP ANDERE PLANETEN

15 Vul de juiste woorden en getallen in.

a De waarde van *g* is overal op aarde ....

b De zwaartekracht op een steen van 1,0 kg is dus overal op aarde even groot.

Hoe groot is de zwaartekracht op die steen? ....

c De zwaartekracht op de maan is veel .... dan die op de aarde.

d Daardoor kan een astronaut op de maan veel .... springen dan op de aarde.

★ 16 Lea is de hoofdpersoon in een sciencefictionfilm. Haar massa is 46 kg.
Bereken hoe groot de zwaartekracht op Lea's lichaam is:

a als Lea zich op aarde bevindt.

....

....

....

....

....

Bereken hoe groot de zwaartekracht op Lea's lichaam is:

b als Lea zich op de maan bevindt.

....

....

....

....

c als Lea zich op Mars bevindt.

....

....

....

....

d Als Lea op de maan is, raapt ze een steen op. Veel kracht kost dat niet; slechts 64 N.
Bereken de massa van de steen.

....

....

....

....

....

e Lea neemt de steen mee naar de aarde. Daar merkt ze dat het veel meer moeite kost om de steen op te tillen.
Bereken de zwaartekracht op de steen, als de steen op aarde is.

....

....

....

....

....


Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Nettokracht

LEERDOELEN

3.3.1 Je kunt in geval van evenwicht beschrijven aan welke voorwaarden de krachten moeten voldoen.

3.3.2 Je kunt in geval van evenwicht de bijbehorende krachten benoemen.

3.3.3 Je kunt de nettokracht berekenen van krachten die werken op één voorwerp.

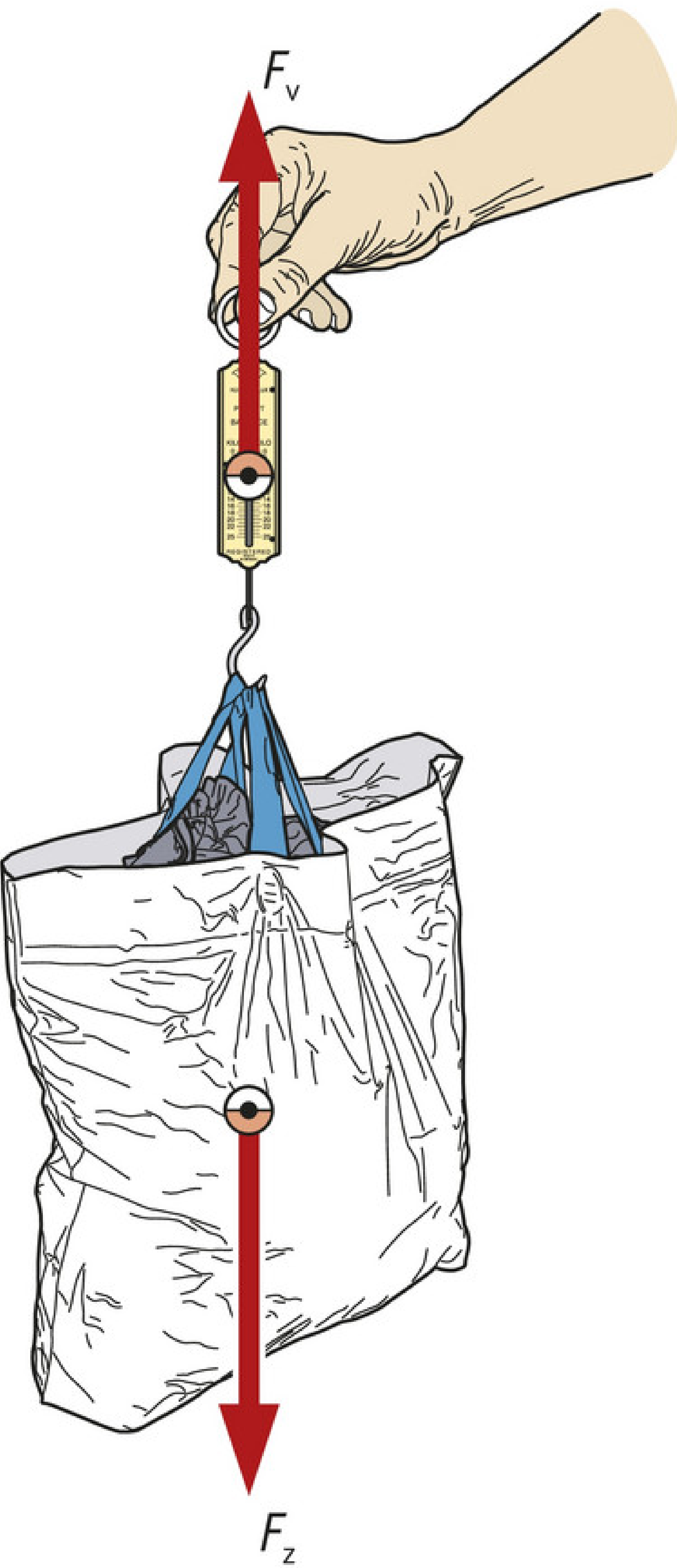
EXTRA 3.3.4 Je kunt de opwaartse kracht herkennen in geval van evenwicht.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.4
Onthouden	1, 5abc	2, 3, 4	5d	
Begrijpen	7c, 10a	7a, 8b, 9a, 11a, 12a	7b, 9c	13abc, 14bcde
Toepassen	8a		6, 10b, 12c	
Analyseren			11c, 12b	14a

Op een schilderij dat aan de muur hangt werkt de zwaartekracht. Toch valt het schilderij niet van de muur. Hoe kan dat?

TWEE KRACHTEN IN EVENWICHT

In figuur 1 zie je een tas met groenten die aan een krachtmeter hangt. Op de tas werken twee krachten: de zwaartekracht en de veerkracht. De zwaartekracht werkt naar beneden, de veerkracht omhoog.



figuur 1 Zwaartekracht en veerkracht.

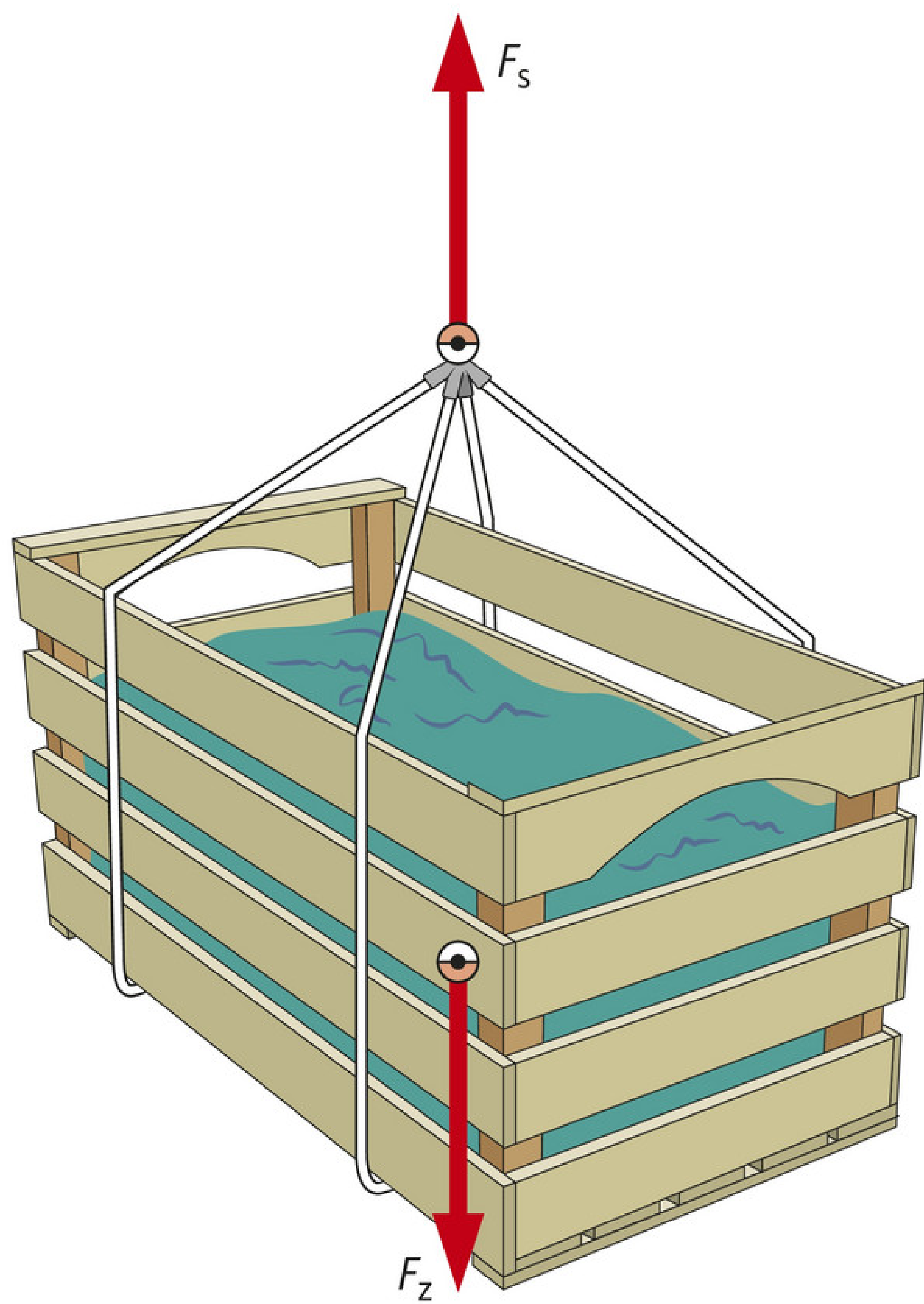
In deze situatie houden de krachten elkaar in **evenwicht**. Ze trekken even hard aan de tas, maar in tegenovergestelde richtingen. Daardoor gebeurt er niets: de tas beweegt niet omhoog en ook niet omlaag.

Als je een voorwerp aan een veer hangt, is er niet meteen evenwicht. Dat zie je ook: het voorwerp beweegt naar beneden en de veer rekt steeds verder uit. Ondertussen wordt de veerkracht steeds groter. Na korte tijd is de veerkracht even groot als de zwaartekracht. Op dat moment is er evenwicht. Het voorwerp blijft dan op dezelfde hoogte hangen.

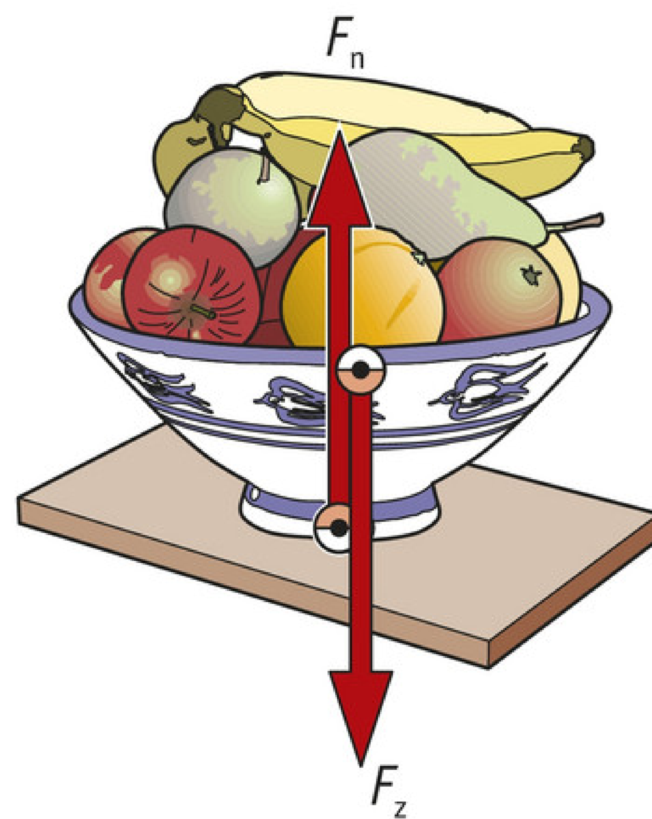
UITREKKEN EN INDRUKKEN

In figuur 2 zie je een kist die aan een touw hangt. Ook in deze situatie zijn er twee krachten die evenwicht maken: de zwaartekracht (F_z) en de spankracht (F_s). De spankracht ontstaat doordat het touw wordt uitgerekt. Je kunt dat vergelijken met de manier waarop de veerkracht ontstaat.

Er is nog een andere kracht die vaak evenwicht maakt met de zwaartekracht. In figuur 3 zie je een voorbeeld: een fruitschaal die op een tafel staat. Het tafelblad wordt door de schaal een heel klein beetje ingedrukt. Daardoor ontstaat een kracht die recht omhoog werkt: de **normaalkracht** (F_n). De normaalkracht maakt evenwicht met de zwaartekracht, zodat de schaal niet naar beneden valt.



figuur 2 Zwaartekracht en spankracht.



figuur 3 Zwaartekracht en normaalkracht.

Veerkracht, spankracht en normaalkracht ontstaan op dezelfde manier: doordat een voorwerp wordt uitgerekt of ingedrukt. Bij de veerkracht is dat duidelijk te zien: de veer wordt uitgerekt. Bij de spankracht en de normaalkracht gebeurt iets soortgelijks, maar het is moeilijker om je dat voor te stellen. Je kunt namelijk niet met het blote oog zien dat het touw wordt uitgerekt of het tafelblad wordt ingedrukt.

DE NETTOKRACHT

De situaties die je in de figuren 1, 2 en 3 ziet, lijken veel op elkaar. Er zijn steeds twee krachten die evenwicht maken. Daarvoor moet aan drie voorwaarden zijn voldaan:

- de krachten zijn even groot;
- de krachten liggen op dezelfde lijn (in elkaars verlengde);
- de krachten hebben een tegengestelde richting.

Als krachten evenwicht maken, lijkt het alsof er geen kracht op het voorwerp werkt. Je zegt in dat geval dat de nettokracht op het voorwerp 0 N is. De **nettokracht** is de optelsom van alle krachten samen. De nettokracht wordt ook wel 'resulterende kracht' of 'resultante' genoemd.

Om de nettokracht op een voorwerp te vinden, pas je twee regels toe:

- krachten in dezelfde richting tel je bij elkaar op;
- krachten in tegengestelde richting trek je van elkaar af.

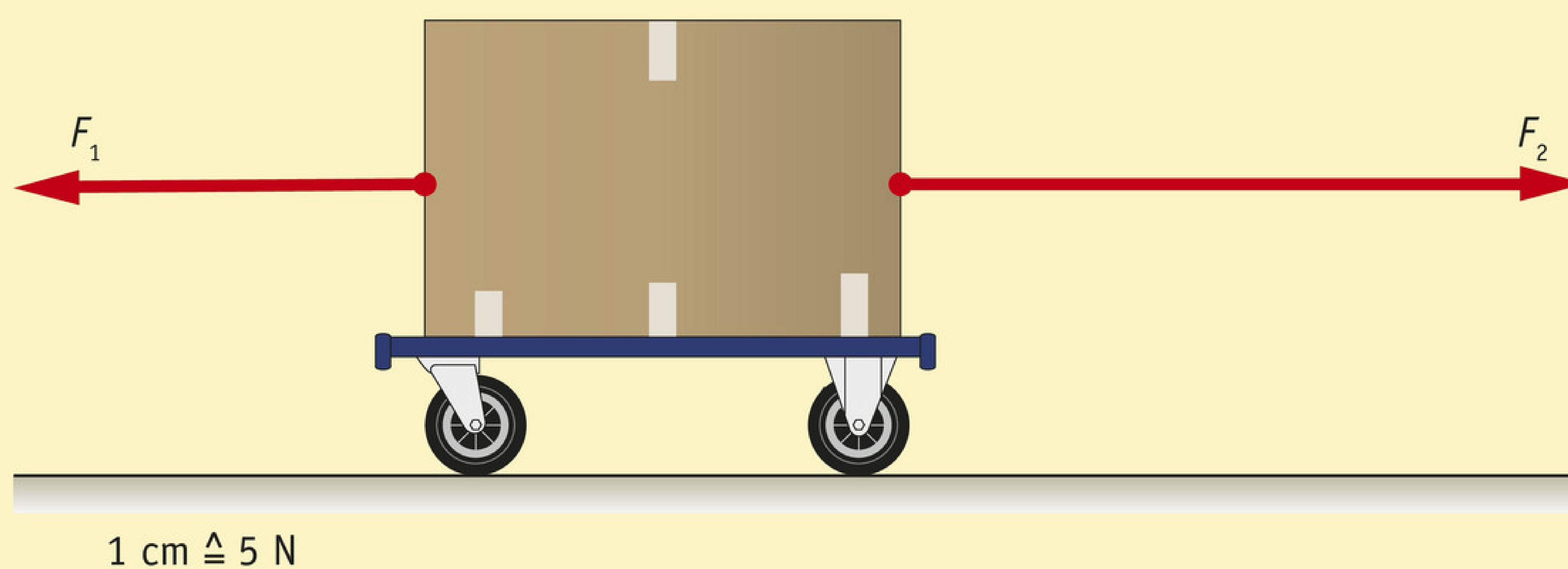
VOORBEELDOPDRACHT 1

In figuur 4 zie je twee krachten die op een doos werken.
F_1 is 15 N en F_2 is 25 N.
Bereken de nettokracht op de doos.

gegevens F_1 = 15 N, naar links
F_2 = 25 N, naar rechts

gevraagd nettokracht = ?

uitwerking De krachten werken in tegengestelde richting. Je moet ze dus van elkaar aftrekken.
nettokracht = $F_2 - F_1$
De nettokracht is 25 − 15 = 10 N en werkt naar rechts.



figuur 4 Hoe zal de doos bewegen?

Soms werken er meer dan twee krachten op een voorwerp. Je moet in zo'n situatie stap voor stap te werk te gaan. Eerst tel je de krachten bij elkaar op die in dezelfde richting werken. Daarna bepaal je de nettokracht.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Joey doet een wedstrijdje armpjedrukken tegen zijn vader (figuur 5). Om het eerlijker te maken helpt zijn zus ook mee. Vader duwt met een kracht van 189 N naar rechts. Joey duwt met een kracht van 123 N naar links, zijn zus met 68 N. Bereken welke partij aan de winnende hand is.



figuur 5 Een wedstrijdje armpjedrukken.

gegevens F_{vader} = 189 N
F_{Joey} = 123 N
F_{zus} = 68 N

gevraagd F_{res} = ?

uitwerking De krachten F_{Joey} en F_{zus} werken in dezelfde richting. Tel eerst deze krachten op.
$F_{Joey} + F_{zus} = 123 + 68 = 191$ N
De kracht F_{vader} werkt in tegengestelde richting van de krachten F_{Joey} en F_{zus}.
Trek dus dus de kracht ($F_{Joey} + F_{zus}$) af van de kracht F_{vader}.
$F_{res} = 189 - 191 = -2$ N
De resultante is 2 N in het voordeel van Joey en zijn zus.

EXTRA ZWAARTEKRACHT EN OPWAARTSE KRACHT

In figuur 6 zie je een boot die met een hijskraan te water wordt gelaten. Dat gebeurt heel voorzichtig. De boot hangt regelmatig even stil. De zwaartekracht F_z maakt dan evenwicht met de andere krachten op de boot.



figuur 6 Een boot wordt te water gelaten.

Als de boot in de lucht hangt, wordt het gewicht van de boot gedragen door de spankracht F_s in de kabels. Die moeten natuurlijk wel sterk genoeg zijn. De zwaartekracht is gelijk aan de spankracht. In formulevorm: $F_z = F_s$

Als de boot het wateroppervlak raakt, ondersteunt het water de boot. Deze ondersteunende kracht van het water heet de opwaartse kracht F_{opw}. De krachten F_s en F_{opw} werken samen om de zwaartekracht op te heffen: $F_z = F_s + F_{opw}$

Hoe verder de boot in het water zakt, des te groter wordt de opwaartse kracht. De kabels hoeven steeds minder gewicht te dragen. Als de boot drijft, hangen de kabels slap. De boot wordt dan helemaal ondersteund door het water: $F_z = F_{opw}$



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Wanneer zijn twee krachten in evenwicht?

○ A Als de krachten even groot zijn en in dezelfde richting werken.
○ B Als de krachten even groot zijn en in tegengestelde richting werken.
○ C Als de krachten verschillend van grootte zijn en in dezelfde richting werken.
○ D Als de krachten verschillend van grootte zijn en in tegengestelde richting werken.

2 Welke twee krachten zijn in evenwicht bij een tas met groenten die aan een krachtmeter hangt?

○ A de spankracht en de veerkracht
○ B de spierkracht en de veerkracht
○ C de zwaartekracht en de spierkracht
○ D de zwaartekracht en de veerkracht

3 Welke twee krachten zijn in evenwicht bij een kist die aan een touw hangt?

○ A de spierkracht en de spankracht
○ B de veerkracht en de spankracht
○ C de zwaartekracht en de spankracht
○ D de zwaartekracht en de spierkracht

4 Welke twee krachten zijn in evenwicht bij een fruitschaal die op een tafel staat?

○ A de spankracht en de normaalkracht
○ B de spankracht en de veerkracht
○ C de zwaartekracht en de normaalkracht
○ D de zwaartekracht en de spierkracht

5 Vul de juiste woorden in.

a Twee krachten zijn in evenwicht als ze:

- even .... zijn,
- én op dezelfde .... liggen,
- én een tegengestelde .... hebben.

b Als krachten in evenwicht zijn, is de nettokracht .... N.

c De nettokracht wordt ook wel de .... kracht of .... genoemd.

d Je vindt de nettokracht op een voorwerp door:

- krachten in dezelfde richting ....
- krachten in tegengestelde richting ....

TOEPASSING

Gebruik waar nodig het gegeven dat op aarde geldt: g = 10 N/kg.

6 Vivek wil de deur dicht doen, maar Tim houdt de deur tegen.
Vivek duwt met een kracht van 35 N tegen de deur.
Tim duwt met een kracht van 30 N in tegengestelde richting.
Hoe groot is de nettokracht?

- ○ A 5 N
- ○ B 30 N
- ○ C 35 N
- ○ D 65 N

7 Anouk is net thuisgekomen uit school. Haar rugzak, met een massa van 13,2 kg, staat op de vloer in de gang. De zwaartekracht werkt met 132 N op de rugzak.

a Er werkt nog een andere kracht op de rugzak.

Deze kracht is de ....

b Hoe groot is die kracht? .... N

c In welke richting werkt deze kracht?

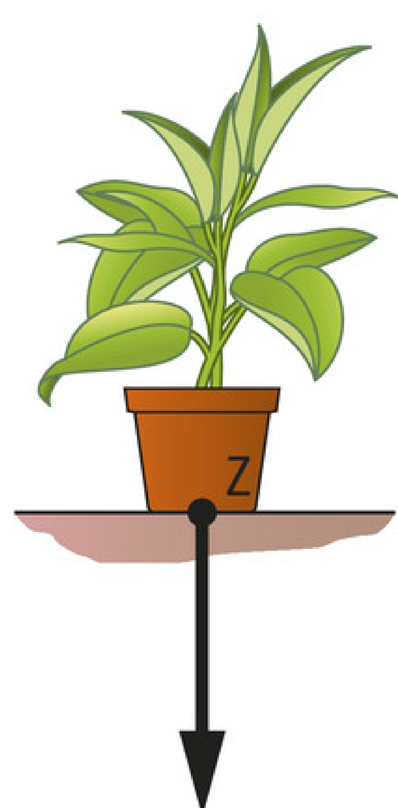
....

8  In figuur 7 zijn drie situaties getekend waarin twee krachten evenwicht maken.
Eén van die twee krachten is steeds ingetekend.

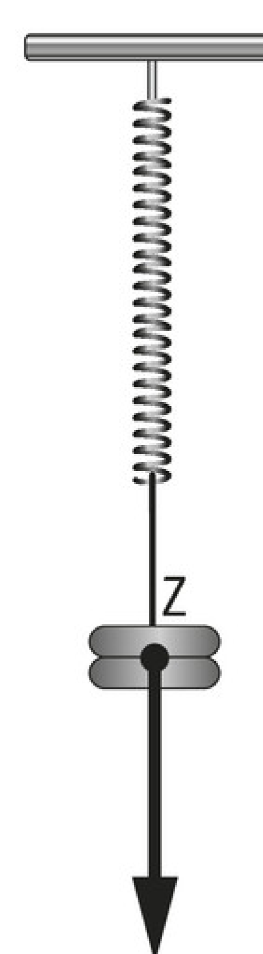
a Teken in elke tekening de andere kracht.

b Schrijf onder de tekening hoe de door jou getekende kracht heet.

figuur 7 Drie keer evenwicht.







ⓐ .... ⓑ .... ⓒ ....

9  Een takelwagen hijst een auto met een massa van 1250 kg omhoog. Op een gegeven moment hangt de auto stil in de lucht (figuur 8).

a Welke twee krachten werken er nu op de auto?

....

b Hoe groot is de zwaartekracht in deze situatie?

....

....

....

....

....

....

c Hoe groot is de nettokracht op de auto?

....

d Teken de twee krachten op schaal in figuur 8.
Vul hiervoor eerst de verhoudingstabel in.

kracht (N)			
lengte (cm)			



figuur 8 Auto in de takel.

10 Nick (5 jaar) en Julia (7 jaar) helpen hun moeder door een boodschappentas te dragen. De tas heeft een massa van 7 kg. De zwaartekracht werkt op deze tas met een kracht van 70 N.

a Hoeveel kracht moeten Nick en Julia samen leveren om de tas te kunnen dragen?

....

....

b Nick kan maar een kracht leveren van 30 N.
Hoe groot moet de kracht van Julia zijn, zodat ze samen de tas kunnen dragen?

....

....

....

....

....

....

★ 11 In het circus zijn zes acrobaten met een act bezig (figuur 9).

a Jeroen is perfect in evenwicht.
Welke twee andere krachten dan de zwaartekracht werken er op dat moment op zijn lichaam?

....

....

....

....

b Jeroen heeft een massa van 60 kg.
Hoe groot is de zwaartekracht op zijn lichaam?

....

....

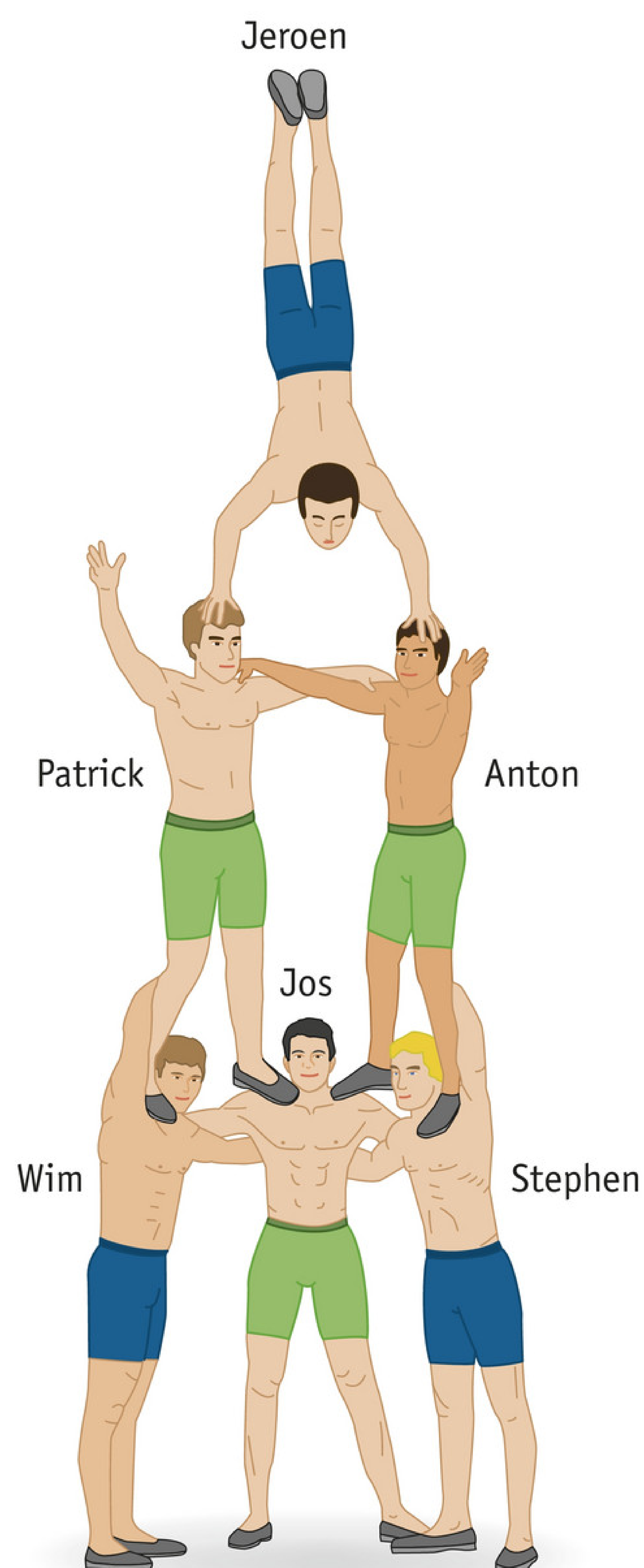
....

....

....

....

....



figuur 9 Zes acrobaten maken een piramide.

c Hoe groot is elk van de twee andere krachten?

....

....

....

....

....

....

....

★ 12 Een doos staat op tafel. De zwaartekracht op de doos is 20 N.

a Hoe groot is de normaalkracht op de doos?

....

b Bob trekt aan de bovenkant van de doos met een krachtmeter. De krachtmeter geeft 15 N aan.
Leg uit waarom de doos niet van zijn plaats komt.

....

....

....

....

c Bob blijft aan de veer trekken met een kracht van 15 N.
Hoe groot is de normaalkracht die de tafel op de doos uitoefent?

....

....

....

....

....

....

....

EXTRA ZWAARTEKRACHT EN OPWAARTSE KRACHT

13 Een zeilboot wordt te water gelaten met behulp van een hijskraan.
Vul de juiste woorden in.

a Als de boot stilhangt boven het water, werken er twee krachten op de boot:

de .... en de ....

b Als de boot het water raakt, werken er drie krachten op de boot:

de ...., de .... en

de ....

c Als de boot in het water drijft en de kabel slap hangt, werken er nog twee krachten op

de boot: de .... en de ....

14 Jeremy hangt een aluminium blokje aan een krachtmeter. Daarna laat hij het blokje langzaam onder water zakken (figuur 10).

a Verandert de waarde van de kracht die de krachtmeter aangeeft als het blokje langzaam onder water verdwijnt?

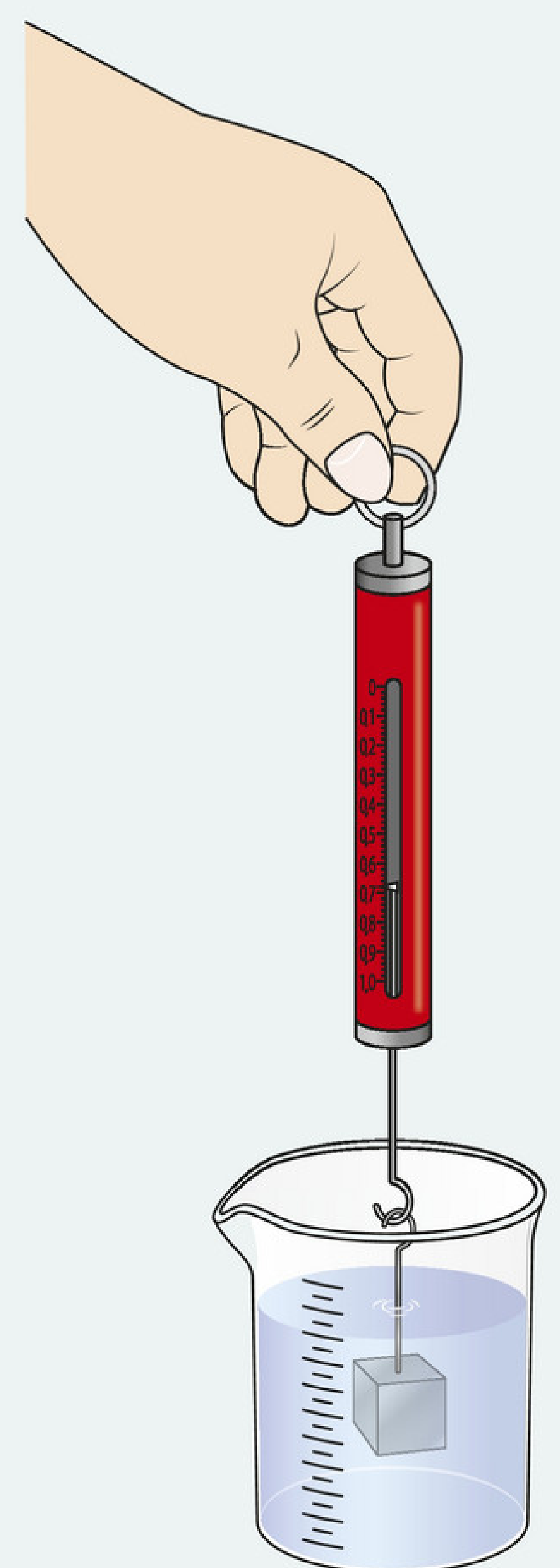
○ A Ja, hij geeft een steeds grotere kracht aan.
○ B Ja, hij geeft een steeds kleinere kracht aan.
○ C Nee, de waarde van de kracht verandert niet.

b Welke drie krachten werken op het blokje als het blokje onder water is?

....

....

....



figuur 10 De proef van Jeremy.

c Wat kun je zeggen over de richting van de krachten?

....

....

....

d Hoe groot is de nettokracht op het blokje als het stilhangt onder water?

....

e Welke van de drie krachten is het grootst?

....

....

....

....

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Krachten in werktuigen

LEERDOELEN

3.4.1 Je kunt uitleggen of een werktuig een enkele of een dubbele hefboom vormt.
3.4.2 Je kunt het draaipunt en de armen van een hefboom herkennen.
3.4.3 Je kunt bij werktuigen beschrijven op welke manier met een kleine kracht een grote kracht wordt uitgeoefend.
3.4.4 Je kunt bepalen hoeveel keer een werktuig de kracht vergroot die erop werkt.
EXTRA 3.4.5 Je kunt de krachten en armen berekenen bij een hefboom in evenwicht, waarbij het draaipunt van de hefboom aan het uiteinde ligt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	3.4.1	3.4.2	3.4.3	3.4.4	3.4.5
Onthouden	4		1, 2, 3, 5, 6ab, 13a		
Begrijpen	7ab, 9b	8ab, 9ac, 12ab		8c, 9d	14a, 15abcd
Toepassen			11, 12c, 13b		14b, 15e
Analyseren				8d, 10	

Met je vingers krijg je een vastgedraaide moer niet los. Met een steeksleutel gaat dit heel gemakkelijk. Hoe komt het dat het losdraaien met een steeksleutel zoveel gemakkelijker gaat?

JE SPIERKRACHT VERGROTEN

Je gebruikt elke dag je spierkracht om dingen los te draaien, open te maken of op te tillen. Vaak heb je daar geen hulpmiddelen voor nodig. Maar soms lukt het niet om iets met blote handen voor elkaar te krijgen. In dat geval gebruik je een werktuig. Dat helpt je om meer kracht uit te oefenen.

Een steeksleutel is een goed voorbeeld van een werktuig. Met zo'n sleutel kun je een moer losdraaien die stevig vastzit (figuur 1). Je gebruikt de sleutel daarbij als **hefboom**. Zoals elke hefboom heeft een steeksleutel een **draaipunt**; soms aangegeven met een P. In figuur 1 is dat draaipunt aangegeven met een rode stip.

In deze situatie heb je te maken met twee krachten. De spierkracht werkt op het uiteinde van de steeksleutel, ver van het draaipunt. Hierdoor oefent de sleutel een kracht uit op de moer, dicht bij het draaipunt. De kracht op de moer is veel groter dan de spierkracht. Zo kan een fietsenmaker de moer gemakkelijk losdraaien.



figuur 1 Een fietsenmaker aan het werk.

WERKEN MET HEFBOMEN

Een steeksleutel, een klauwhamer, een flessenopener, een deurkruk, een nijptang, de pedalen van je fiets, het zijn allemaal hefbomen (figuur 2 en 3). Een hefboom is een stevig uitgevoerd voorwerp dat kan draaien rond een draaipunt. Je kunt er flink tegenaan duwen zonder dat hij doorbuigt.



figuur 2 Een timmerman aan het werk.



figuur 3 Een flesopener is een hefboom.

Als je een hefboom gebruikt, zijn er twee krachten van belang. Je hebt dat al gezien bij een steeksleutel. Om te beginnen oefen je zelf een kracht uit op de hefboom. Die kracht noem je de **werkkracht**. De hefboom gaat hierdoor een kracht uitoefenen op een ander voorwerp. Die kracht noem je de **last**.

Als je een hefboom gebruikt, laat je de werkkracht ver van het draaipunt aangrijpen. Het aangrijpingspunt van de last moet juist dicht bij het draaipunt liggen. Dat zorgt ervoor dat de last veel groter is dan de werkkracht.

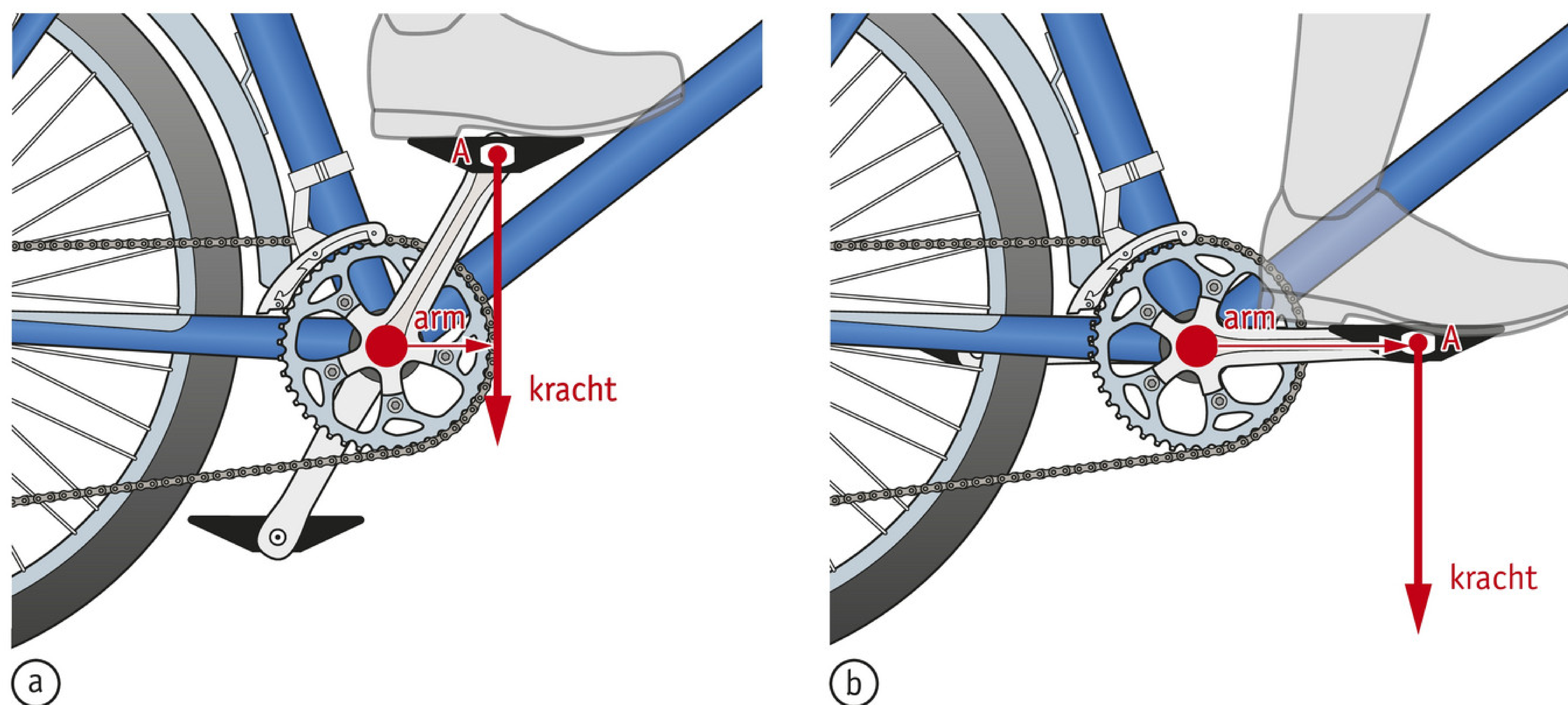
DE ARM VAN EEN HEFBOOM

PROEF 4

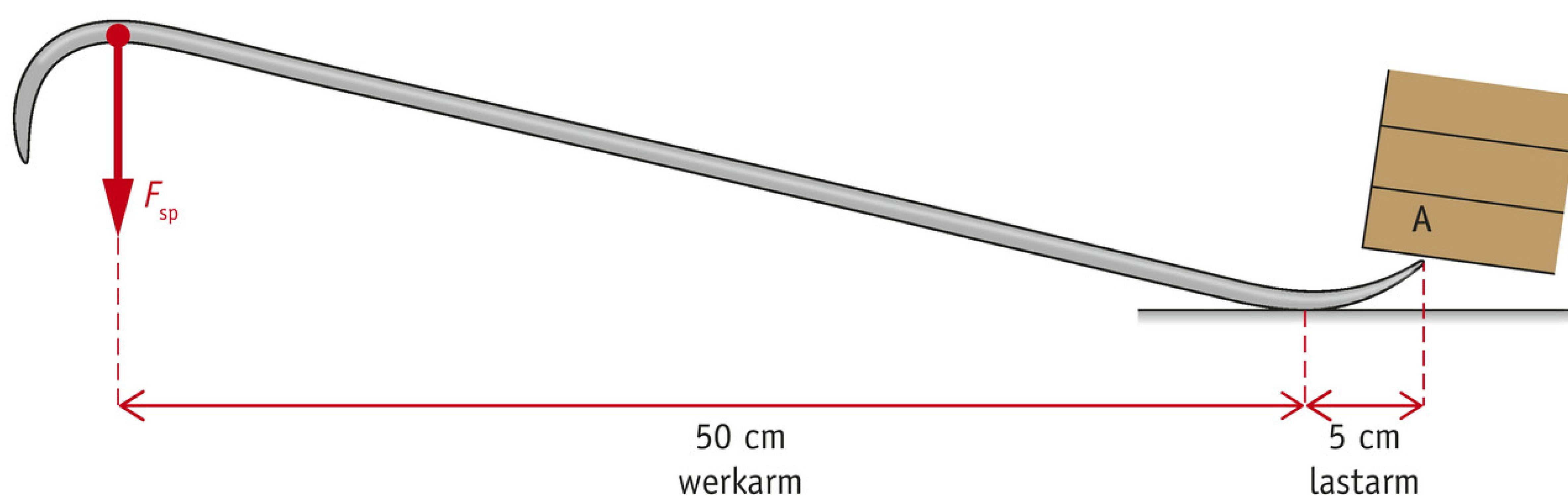
De **arm** van een kracht is de afstand tot het draaipunt. In figuur 4 kun je zien hoe je de arm van een kracht kunt meten. Eerst teken je het draaipunt van de hefboom. Dat is hier met een rode stip gedaan. Daarna teken je de kracht. Nu kun je de afstand van de kracht tot het draaipunt bepalen.

De arm staat altijd loodrecht op de lijn waarlangs de kracht werkt. Let erop dat de arm niet hetzelfde is als de lengte van de hefboom. In figuur 4 is twee keer dezelfde hefboom getekend, maar de arm in figuur a is kleiner dan de arm in figuur b.

figuur 4 Zo kun je de arm van de trapkracht bepalen.



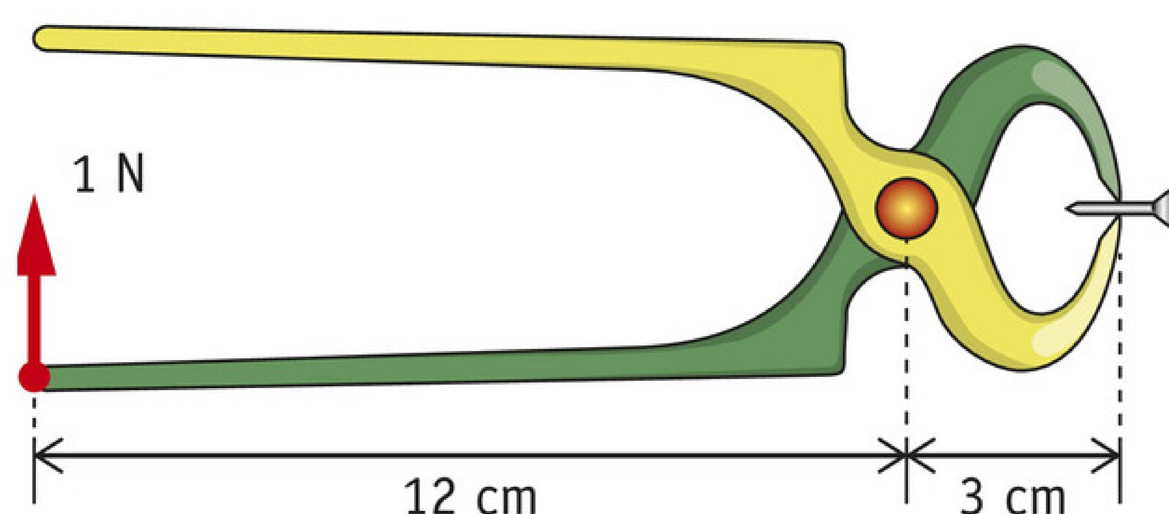
Bij de meeste werktuigen wordt ervoor gezorgd dat de **werkarm** groot is en de **lastarm** klein. Bij de koevoet in figuur 5 is de werkarm 10× zo groot als de lastarm. De spierkracht is daardoor 10× zo klein als de last. Dit is een algemene regel voor hefbomen.



figuur 5 Een kist optillen.

DUBBELE HEFBOMEN

Tangen en scharen bestaan uit twee hefbomen die om hetzelfde draaipunt draaien. In figuur 6 zie je zo'n **dubbele hefboom**: de ene hefboom is geel, de andere is groen. De beide hefbomen draaien rond de rode stip; het draaipunt.

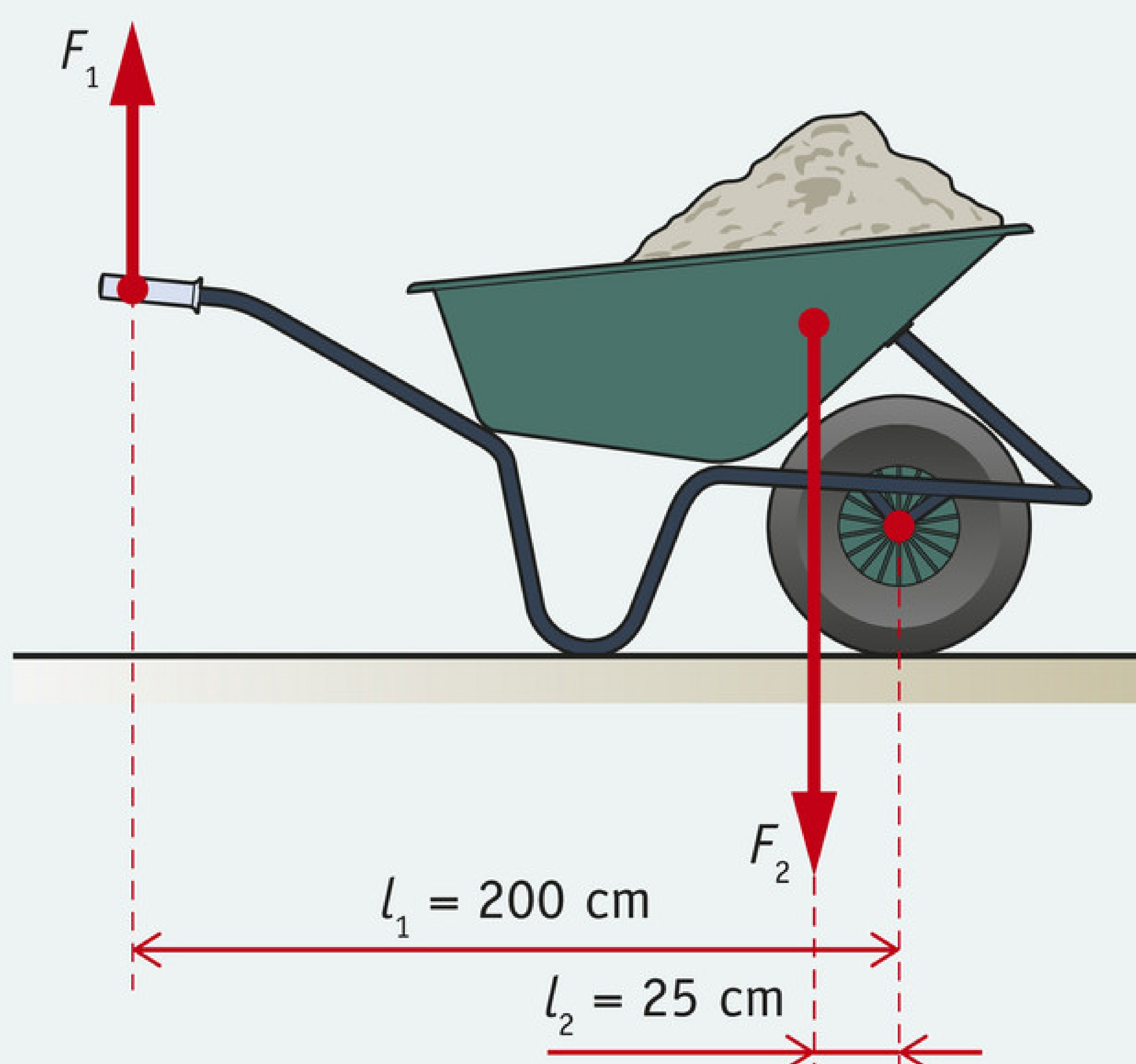


figuur 6 Een dubbele hefboom: de nijptang.

Door de werkarm te vergelijken met de lastarm kun je nagaan dat een tang je spierkracht een stuk groter maakt (figuur 6). De werkarm is 4× groter dan de lastarm. De nijptang maakt je spierkracht dus 4× zo groot. De kracht op de spijker is 4 × 1 N = 4 N.

EXTRA HEFBOMEN MET HET DRAAIPUNT AAN EEN UITEINDE

Bij veel hefbomen ligt het draaipunt tussen de werkkracht en de last. Maar er zijn ook hefbomen waarbij het draaipunt aan een van de uiteinden zit. Dat zie je bij de kruiwagen in figuur 7. De last en de werkkracht liggen daar allebei links van het draaipunt (de as van het wiel). Ook bij dit soort hefbomen kun je de vergroting van de kracht berekenen. Let er wel op dat je de armen dan juist meet.



figuur 7 Deze kruiwagen heeft het draaipunt in het wiel.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Veel werktuigen zijn hefbomen.
Wat speelt bij een hefboom een belangrijke rol?

- ○ A de afstand tot het draaipunt
- ○ B de grootte van de beide krachten
- ○ C de grootte van het draaipunt
- ○ D zowel de grootte van de krachten als de afstand tot het draaipunt

2 Met een hefboom kun je een zwaar voorwerp optillen.
Wat kun je zeggen over het draaipunt?

- ○ A Het draaipunt moet zich precies in het midden van de hefboom bevinden.
- ○ B Het draaipunt moet zich zo dicht mogelijk bij de handen van de gebruiker bevinden.
- ○ C Het draaipunt moet zich zo ver mogelijk van de handen van de gebruiker bevinden.
- ○ D Het draaipunt moet zich zo ver mogelijk van het op te tillen voorwerp bevinden.

3 Wat kun je zeggen over de werkarm en de werkkracht bij een koevoet?

- ○ A De werkarm is groot en de werkkracht is groot.
- ○ B De werkarm is groot en de werkkracht is klein.
- ○ D De werkarm is klein en de werkkracht is groot.
- ○ C De werkarm is klein en de werkkracht is klein.

4 Wat is een voorbeeld van een dubbele hefboom?

- ○ A een flesopener
- ○ B een schaar
- ○ C een steekkar
- ○ D een steeksleutel

5 Lees de tekst over hefbomen en kies de juiste woorden.

Als je een hefboom gebruikt, zijn er twee krachten van belang. De kracht die je zelf op de hefboom uitoefent, noem je de *last* / *werkkracht*. De kracht die de hefboom op een ander voorwerp uitoefent, noem je de *last* / *werkkracht*. Je laat de werkkracht *dicht bij* / *ver van* het draaipunt aangrijpen. Het aangrijpingspunt van de last ligt juist *dicht bij* / *ver van* het draaipunt. Dat zorgt ervoor dat de werkkracht veel *groter* / *kleiner* dan de last kan zijn.

6 Vul de juiste woorden in.

a Bij een hefboom is de arm van een kracht de .... tussen de kracht en het .... van de hefboom.

b Bij werktuigen wordt er altijd voor gezorgd dat de werkarm .... is en de lastarm ....

TOEPASSING

7 Bij werktuigen die je in huis gebruikt, zijn enkele hefbomen (zoals een steeksleutel) en dubbele hefbomen (zoals een nijptang).

a Noteer drie werktuigen die uit één hefboom bestaan.

....

....

b Noteer drie werktuigen die uit twee hefbomen bestaan.

....

....

8  Tijdens een pitstop van een formule 1-auto worden binnen 3 seconden vier banden verwisseld. Daarbij is het belangrijk de auto zo snel mogelijk op te tillen. Hiervoor worden aan de voorkant en achterkant van de auto krikken gebruikt (figuur 8). Dit zijn hefbomen.

a Geef in figuur 8a en b met een rode stip het draaipunt aan.

b Meet in figuur 8a en noteer:

- de lengte van de lastarm: .... cm
- de lengte van de werkarm: .... cm

c Vul de juiste woorden en getallen in.

De lastarm is .... zo .... als de werkarm.

De last is dus .... zo .... als de werkkracht.

d In figuur 8b is de auto al een beetje opgetild.
Leg uit of je in deze situatie meer of minder kracht op de krik moet uitoefenen dan in figuur 8a. De krachten zijn niet op schaal getekend.

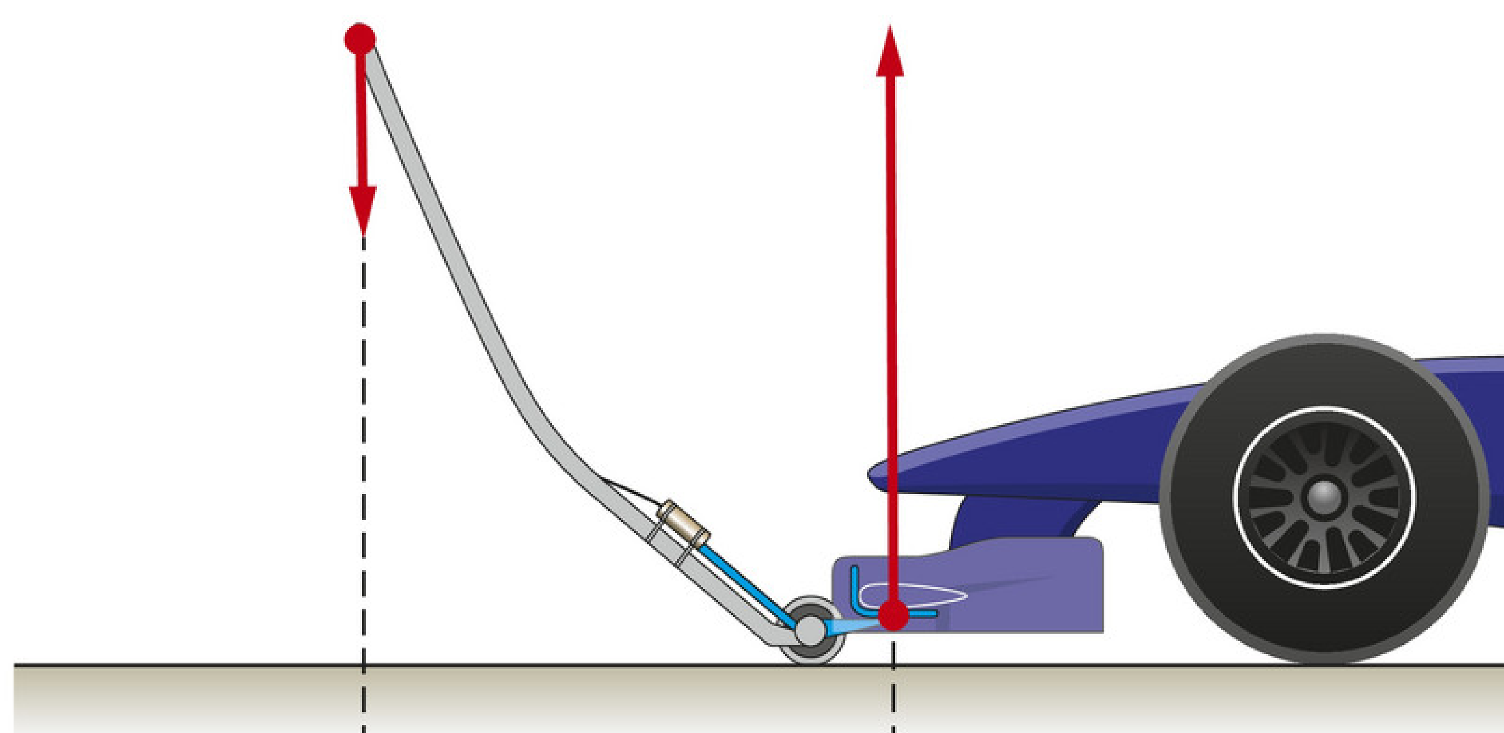
....

....

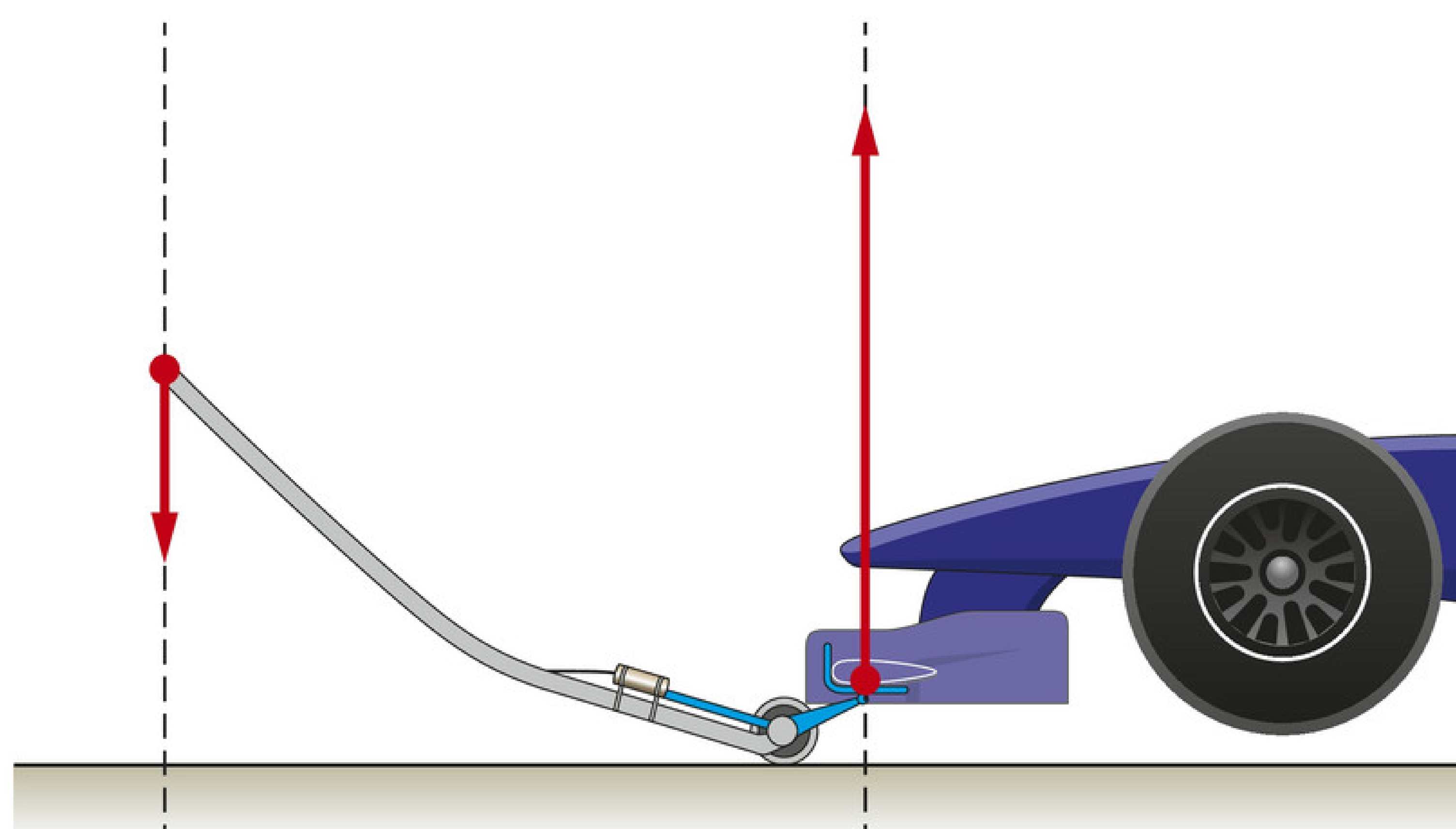
....

....

figuur 8



ⓐ Snel een formule 1-auto optillen.



ⓑ De opgetilde formule 1-auto.

9  Een combinatietang bestaat uit twee hefbomen (figuur 9). De tang wordt gebruikt om een draad door te knippen.

a Geef het draaipunt aan met een rode stip.

b Kleur de ene hefboom geel en de andere groen.

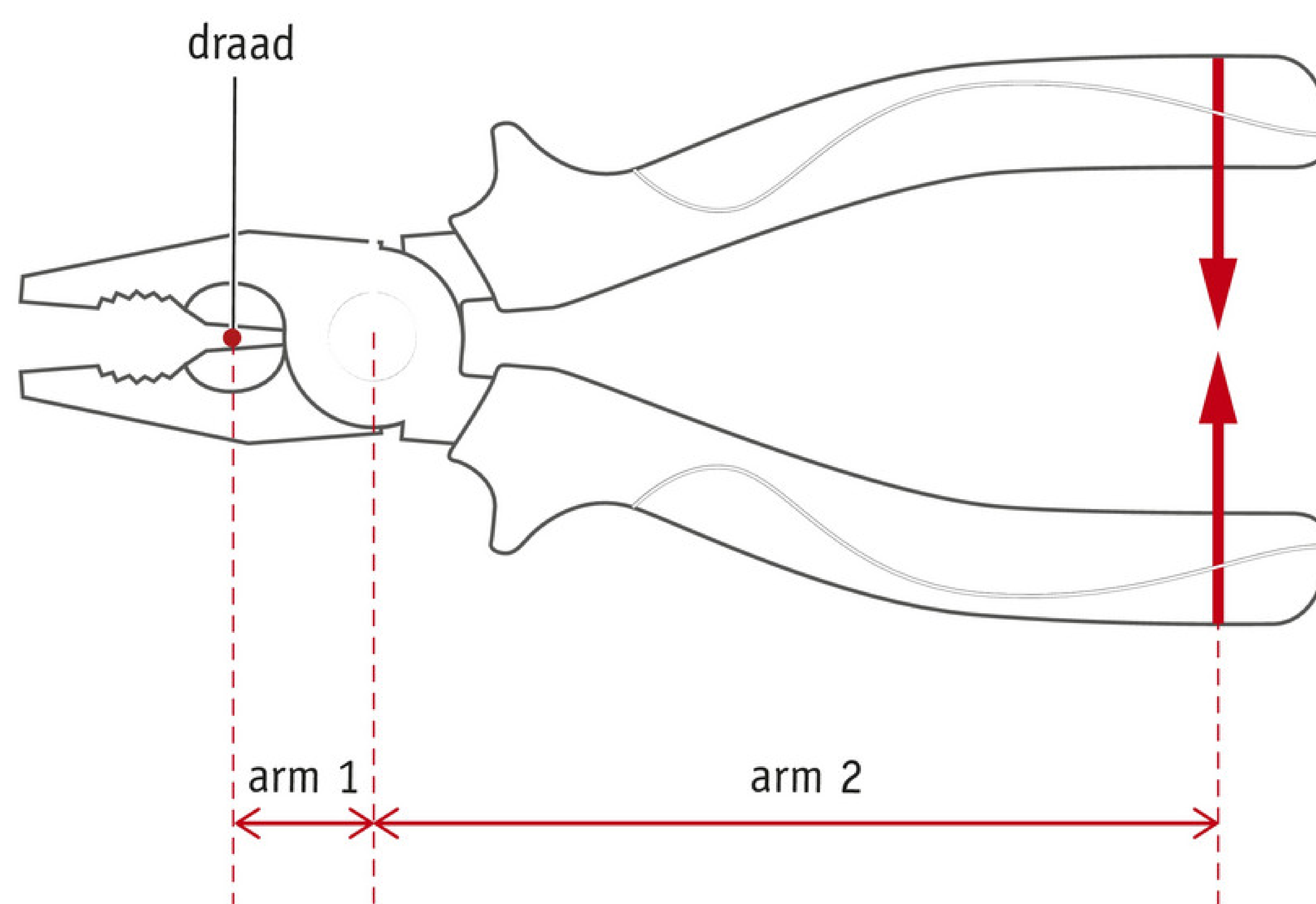
c Meet en noteer:

- de lengte van arm 1: .... cm
- de lengte van arm 2: .... cm

d Vul de juiste woorden en getallen in.

De lastarm is .... × zo .... als de werkarm.

De last is dus .... × zo .... als de werkkracht.



figuur 9 Een combinatietang.

★ 10 Bekijk figuur 9 nog eens. Herman duwt bij de stippellijn rechts op de handvatten.
Hij duwt met een kracht van 50 N.
Hoe groot is de kracht die op de draad wordt uitgeoefend?

....

....

....

★ 11

Rashid gebruikt een nijptang om ijzerdraad in elkaar te draaien en daarna af te knippen (figuur 10a). Hij duwt bij de stippellijn links op de handvatten. Rashid heeft ook een nijptang met een kleinere bek (figuur 10b).
Wordt de kracht op het ijzerdraad met deze nijptang kleiner of juist groter als Rashid met dezelfde kracht knijpt?

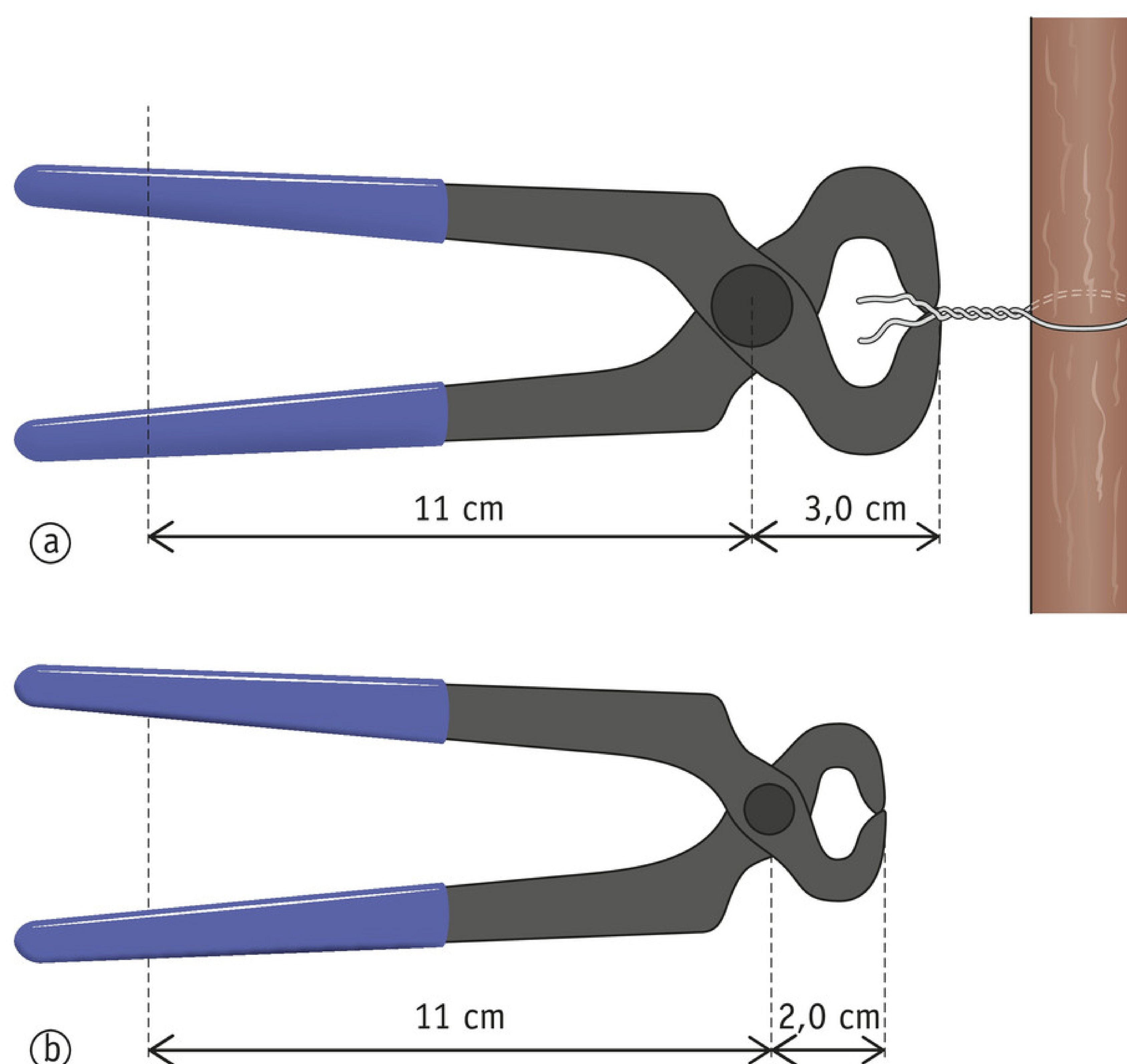
....

....

....

....

figuur 10 Twee nijptangen.



Werken als hovenier beroep



Wendy (28 jaar) werkt al acht jaar bij een hoveniersbedrijf. Na behalen van haar mbo-diploma Vakbekwaam Hovenier heeft ze eerst onder begeleiding onderhoud aan tuinen gedaan. Nu voert ze zelfstandig de werkzaamheden in tuinen uit. Hiervoor komt ze bij mensen thuis en bespreekt welke werkzaamheden ze gaat uitvoeren. Wendy is bijna altijd buiten aan het werk. Dat is maar goed ook, want een kantoorbaan is niets voor haar.

★ 12  Lees de tekst ‘Werken als hovenier’. Als Wendy aan het werk is, gebruikt ze vaak een snoeischaar en een takkenschaar.

a Geef in beide tekeningen van figuur 11 het draaipunt met een rode stip aan.

b Hoeveel keer groter is de werkarm van de takkenschaar dan de werkarm van de snoeischaar?

....

....

c Met de takkenschaar kan Wendy dikke takken gemakkelijker doorknippen dan met de snoeischaar.
Leg uit hoe dat komt.

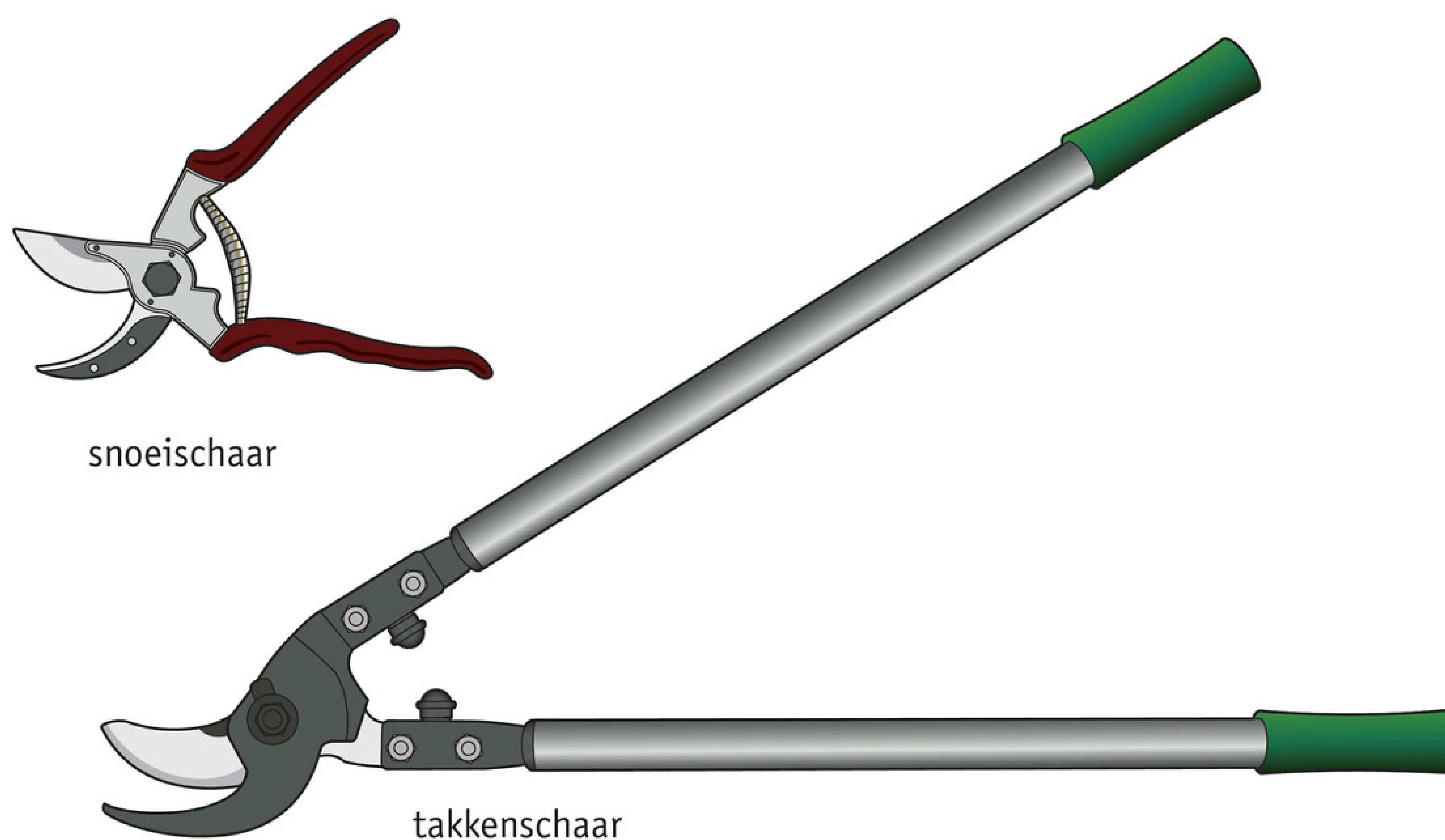
....

....

....

....

....



figuur 11 Ook bij tuingereedschap zie je vaak hefbomen.

13 In figuur 12 zie je de stemsleutels (de knoppen bovenaan) van een elektrische gitaar en van een basgitaar.

a Welk instrument heeft de grootste stemsleutels? *de gitaar / de basgitaar*

b Leg uit waarom de stemsleutels bij dit instrument zo groot zijn uitgevoerd.

....

....

....

....

....

....

figuur 12 De stemsleutels van een elektrische gitaar en een basgitaar.



a elektrische gitaar

b basgitaar

EXTRA HEFBOMEN MET HET DRAAIPUNT AAN EEN UITEINDE

14 In figuur 13 zie je een kruiwagen gevuld met zand. Pim probeert de kruiwagen bij de handvatten op te tillen. De krachten en de afmetingen zijn niet op schaal getekend.

a Vul de juiste woorden en getallen in.

De werkarm is .... cm.

De lastarm is .... cm.

De lastarm is .... × zo .... als de werkarm.

De last is dus .... × zo .... als de werkkracht.

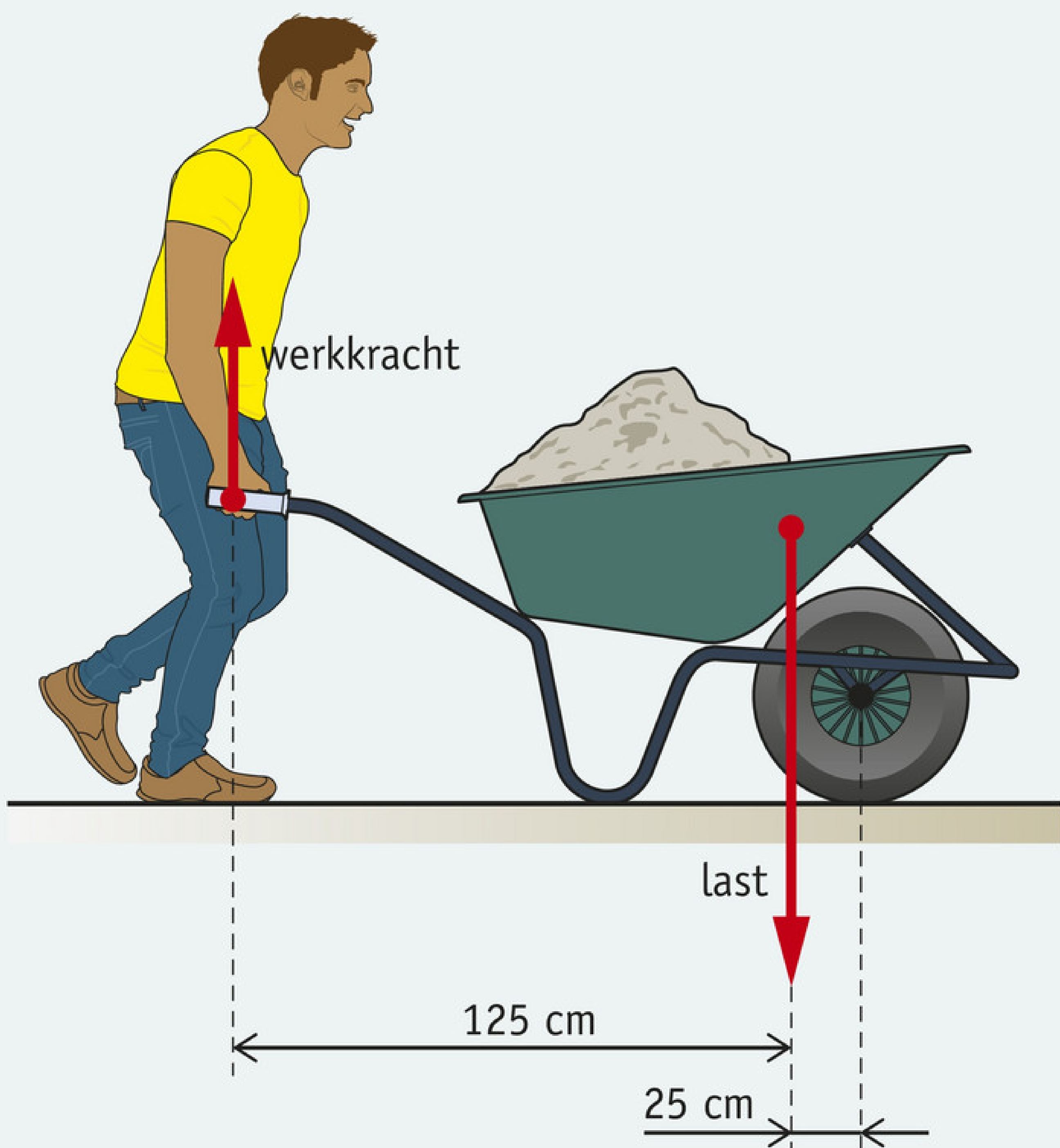
b Pim is niet sterk genoeg; hij krijgt de kruiwagen niet van de grond.
Wat kan Pim met het zand doen om de kruiwagen wel te kunnen optillen?

....

....

....

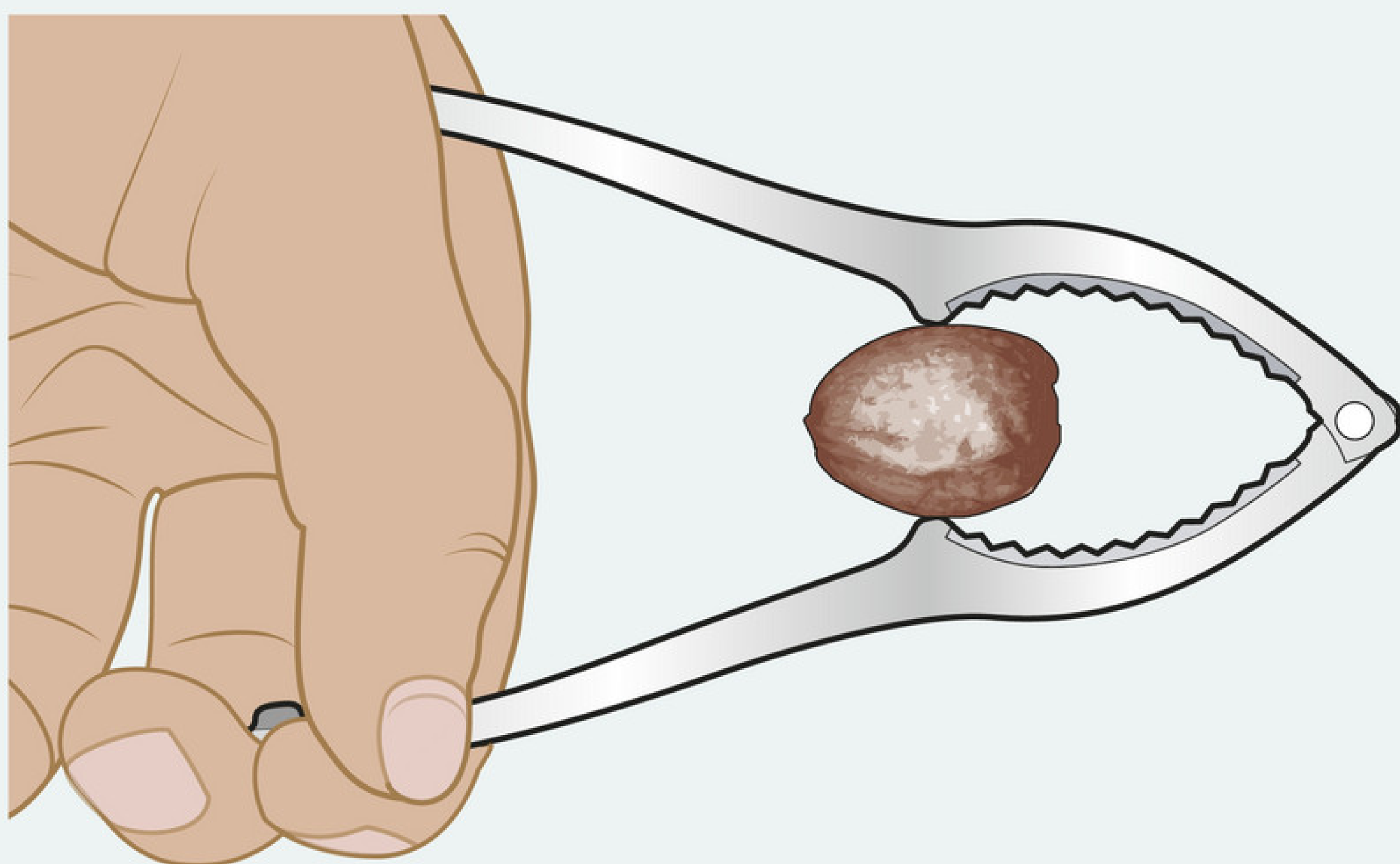
....



figuur 13 Een kruiwagen vol met zand.

15 In figuur 14 zie je een notenkraker.

a Zet een rode stip op de plaats waar het draaipunt zich bevindt.



figuur 14 Een notenkraker.

b Bepaal zo nauwkeurig mogelijk:

- de afstand van de noot tot het draaipunt. .... cm
- de afstand van de hand tot het draaipunt. .... cm

c Waarom kun je de afstand van de hand tot het draaipunt niet precies meten?

....

....

....

d Vul de juiste woorden en getallen in:

De lastarm is ongeveer .... × zo .... als de werkarm.

De last is dus ongeveer .... × zo .... als de werkkracht.

e Sommige noten zijn keihard en moeilijk te kraken. In figuur 15 zijn twee manieren getekend om zo'n noot met een notenkraker te kraken.
Op welke manier kraak je de noot het makkelijkst? Leg uit.

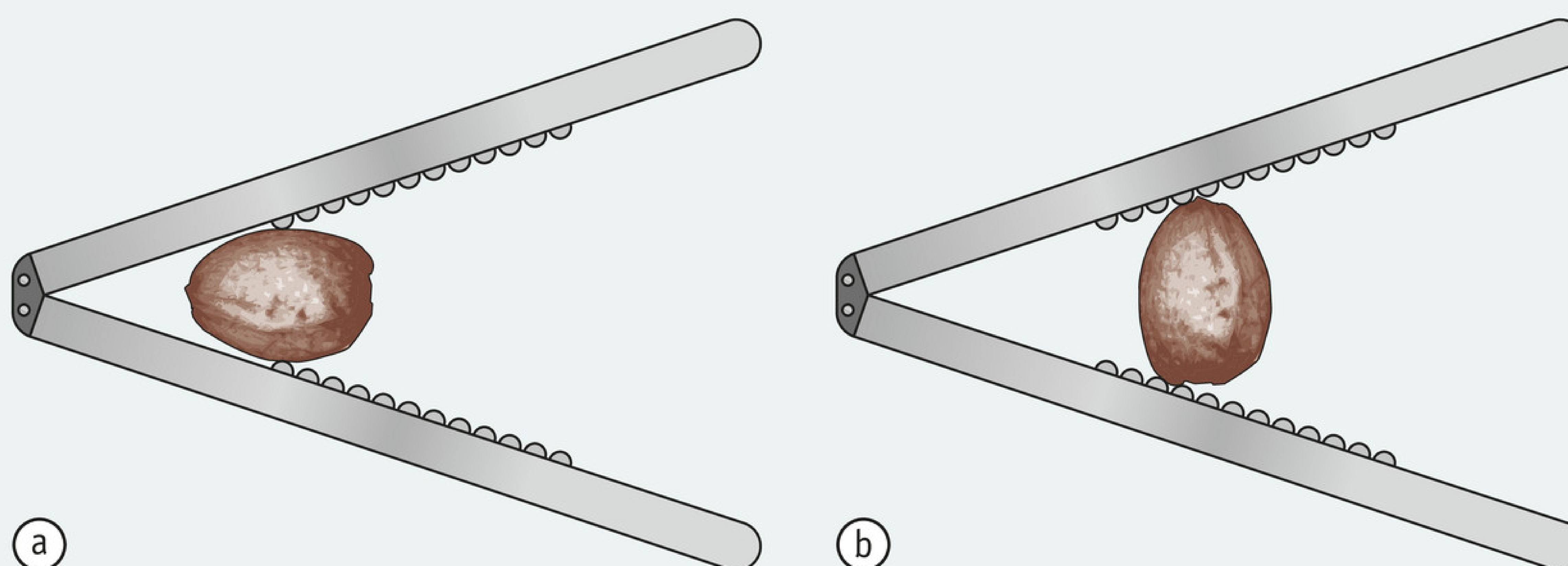
....

....

....

....

figuur 15 Hoe kraak je een harde noot?





Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 EEN SPIRAALVEER UITREKKEN

30 minuten

Inleiding

Bij deze proef onderzoek je hoe een spiraalveer uitrekt. Dat doe je door gewichtjes aan de veer te hangen en steeds de uitrekking te bepalen (het aantal centimeter dat de veer langer is geworden).

Doel

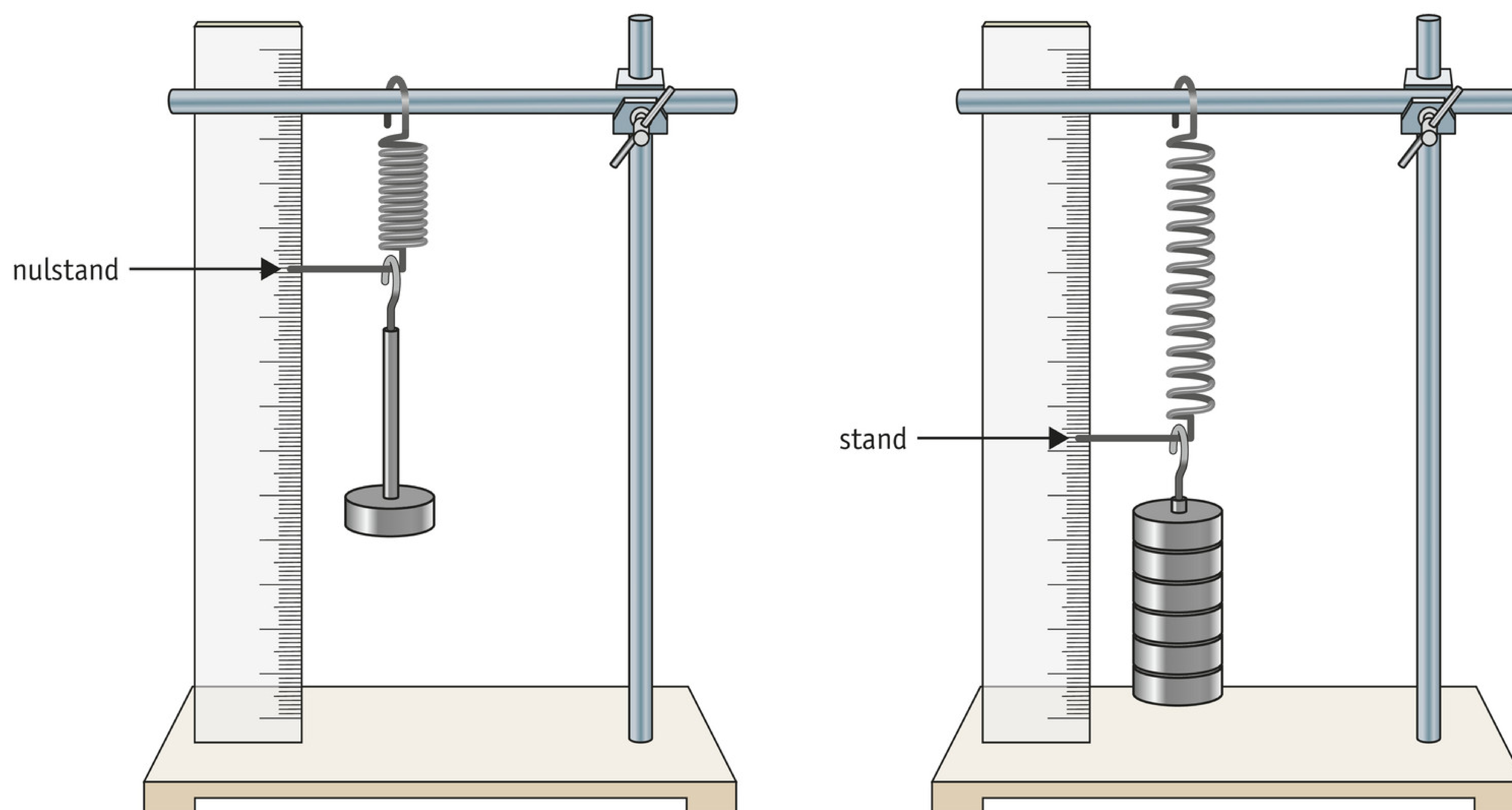
Je onderzoekt hoe een spiraalveer uitrekt. De onderzoeksvraag is:
Wat is het verband tussen de kracht en de uitrekking?

Nodig

- ☐ statiefmateriaal
- ☐ gewichtendrager
- ☐ gewichtjes
- ☐ spiraalveer
- ☐ liniaal

Uitvoeren en uitwerken

- Bouw de opstelling van figuur 1.
- Hang de gewichtendrager zonder gewichtjes aan de veer.
- Kijk op de liniaal: waar bevindt zich de wijzer van de veer? Deze stand met nul gewichtjes noem je de *nulstand*.



figuur 1 De opstelling van proef 1.

1 Noteer de nulstand in tabel 1.

tabel 1 De meetgegevens van proef 1.

aantal gewichtjes	stand (cm)	uitrekking (cm)
0		
1		
2		
3		

- Leg één gewichtje op de gewichtendrager.
- Kijk op de liniaal: waar bevindt de wijzer van de veer zich nu? Dit noem je de *stand*.

2 Schrijf deze stand op de juiste plaats in tabel 1.

- Leg de overige gewichtjes één voor één op de gewichtendrager. Lees telkens de stand af voor je verdergaat.

3 Schrijf alle gemeten standen in tabel 1.

4 Schrijf achter elke stand hoeveel centimeter de veer is uitgerekt. De uitrekking kun je bepalen door het verschil uit te rekenen tussen de stand en de nulstand:
uitrekking = stand − nulstand

5 Teken in figuur 2 een grafiek van deze proef. Teken een vloeiende lijn door je meetpunten. Bedenk zelf welke getallen je langs de verticale as moet zetten.

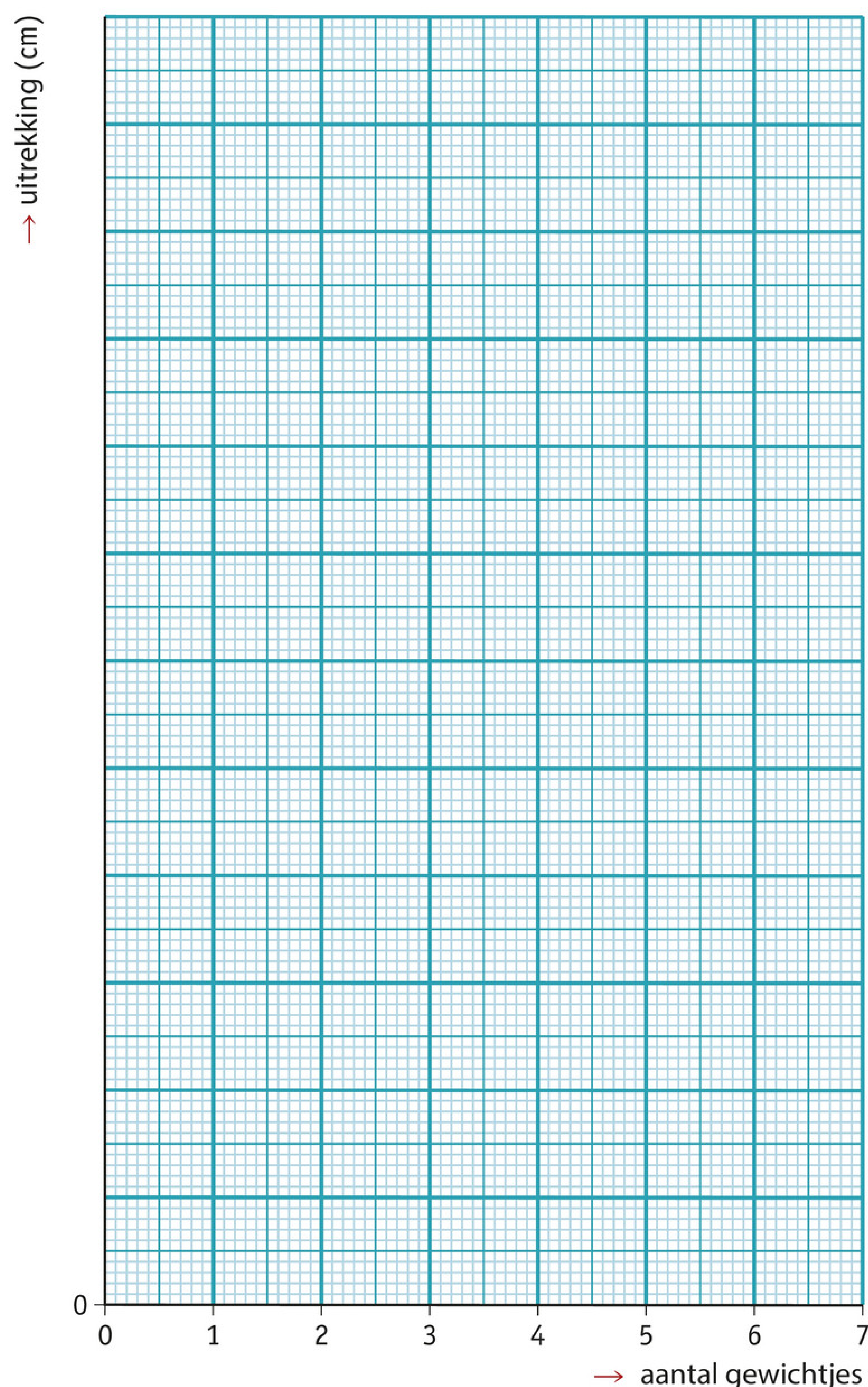
6 Bekijk de grafiek die je hebt getekend.

a Is de grafiek een rechte lijn of een kromme?

....

b Loopt de grafiek door de oorsprong?

....



figuur 2 De grafiek van proef 1 en 2.

7 In de vaardigheid *Verbanden meten* wordt uitgelegd wat een lineair verband is. Zie je in jouw grafiek een lineair verband?
- ○ A De uitrekking neemt langzamer toe dan bij een lineair verband.
- ○ B De uitrekking neemt sneller toe dan bij een lineair verband.
- ○ C Het verband tussen uitrekking en kracht is (ongeveer) lineair.

Ruim alles netjes op.

PROEF 2 TWEE VEREN NAAST ELKAAR UITREKKEN

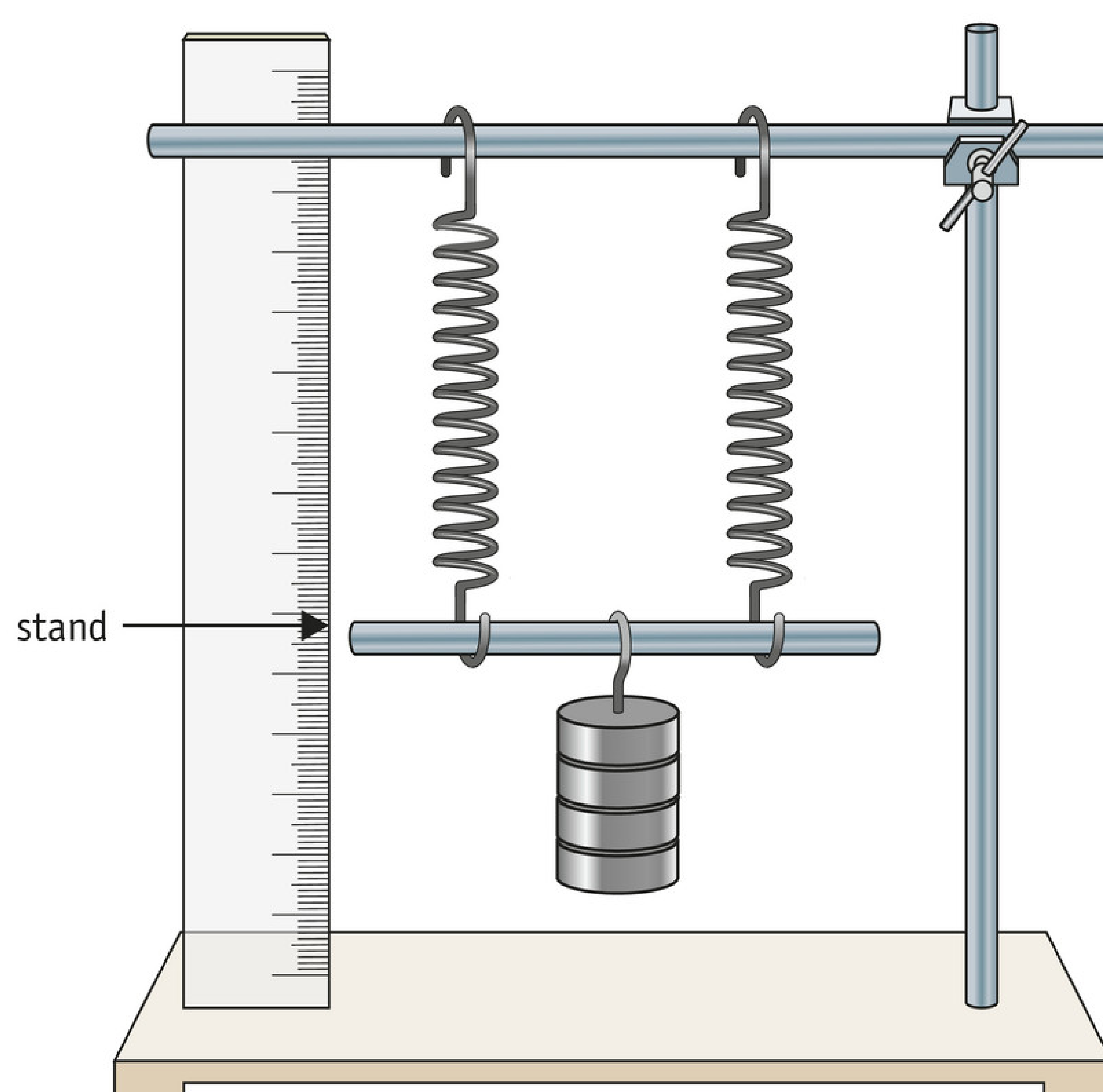
15 minuten

Inleiding
Twee veren naast elkaar leveren meer veerkracht dan één veer. Je moet ze namelijk alle twee uitrekken. Heb je daar dan ook 2× zo veel kracht voor nodig?

Doel
Je onderzoekt hoe twee spiraalveren uitrekken. De onderzoeksvraag is:
Is er voor het uitrekken van twee veren naast elkaar 2× zo veel kracht nodig als voor het uitrekken van één veer?

Nodig
- ☐ statiefmateriaal
- ☐ gewichtendrager
- ☐ gewichtjes
- ☐ 2 spiraalveren
- ☐ liniaal

Uitvoeren en uitwerken
- Bouw de opstelling van figuur 3.
- Leg nog geen gewichtjes op de gewichtendrager.



figuur 3 De opstelling van proef 2.

1 Lees de nulstand af en noteer die: .... cm.

- Leg in één keer vijf gewichtjes op de gewichtendrager.

2 Lees de stand af. Noteer: .... cm.

3 Bepaal hoeveel centimeter de twee veren zijn uitgerekt.

....

4 Doe het volgende:
 a Teken in figuur 2 je meting als een meetpunt in deze grafiek.
 b Trek een rechte lijn van de oorsprong naar dit meetpunt.
 c Schrijf ‘1 veer’ bij de lijn die er al stond, en ‘2 veren’ bij de lijn die je zojuist hebt getrokken.

5 Kijk nog eens goed naar de grafieken die je hebt getekend in figuur 2.
 a Wat is juist?
 De twee veren zijn samen:
 ○ A even stug als één veer;
 ○ B minder stug dan één veer;
 ○ C stugger dan één veer.
 b Noteer het antwoord op de onderzoeksvraag.

....

....

Ruim alles netjes op.

PROEF 3 WERKEN MET EEN KRACHTMETER

15 minuten

Inleiding
In een krachtmeter zit een spiraalveer. Als je aan het haakje onder aan de veer trekt, rekt de veer uit. Een wijzertje beweegt mee. Op de meter is een schaalverdeling aangebracht. Daarop kun je zien hoe groot de kracht is (in newton).

Doel
Je meet een aantal krachten met behulp van twee krachtmeters.

Nodig
- ☐ statiefmateriaal
- ☐ 2 krachtmeters
- ☐ massastuk (100 g)
- ☐ 5 voorwerpen
- ☐ aluminium blokje
- ☐ bekerglas

Uitvoeren en uitwerken

Vooraf

Bij deze proef werk je met twee krachtmeters. Je hangt elk voorwerp eerst aan de krachtmeter met de stugste veer. Als de gemeten kracht kleiner is dan 1 N, kun je de krachtmeter met de minst stugge veer gebruiken.

1 Waarom moet je eerst de krachtmeter met de stugste veer gebruiken?

....

2 Als dat kan, moet je de krachtmeter met de minst stugge veer gebruiken.
Leg uit waarom dat beter is.

....

Spierkracht

- Pak de krachtmeter met de meest stugge veer.
- Trek het haakje met een vinger naar beneden.
- Rek de veer in de krachtmeter uit tot 1,0 N.
- Rek de veer daarna verder uit tot 3,0 N.

3 Moest je hard trekken om een kracht van 1,0 N te leveren?

....

4 En moest je hard trekken om een kracht van 3,0 N te leveren?

....

Veerkracht

- Leg de krachtmeters plat op de tafel.
- Maak de beide haakjes aan elkaar vast.
- Trek de krachtmeters voorzichtig uit elkaar.
- Stop als de minst stugge krachtmeter 1,0 N aangeeft.

5 Wat geeft de andere krachtmeter nu aan? Noteer: .... N.

6 Van welke krachtmeter is de veer het verst uitgerekt?

....

7 Hoe komt het dat de veer in de ene krachtmeter meer uitrekt dan die in de andere?

....

....

....

Zwaartekracht

- Hang het massastuk van 100 g aan de krachtmeter.

8 Vul het juiste getal in.

De zwaartekracht op een voorwerp van 100 g is .... N.

- Hang de vijf voorwerpen één voor één aan de krachtmeter.

9 Noteer je meetresultaten in tabel 2.

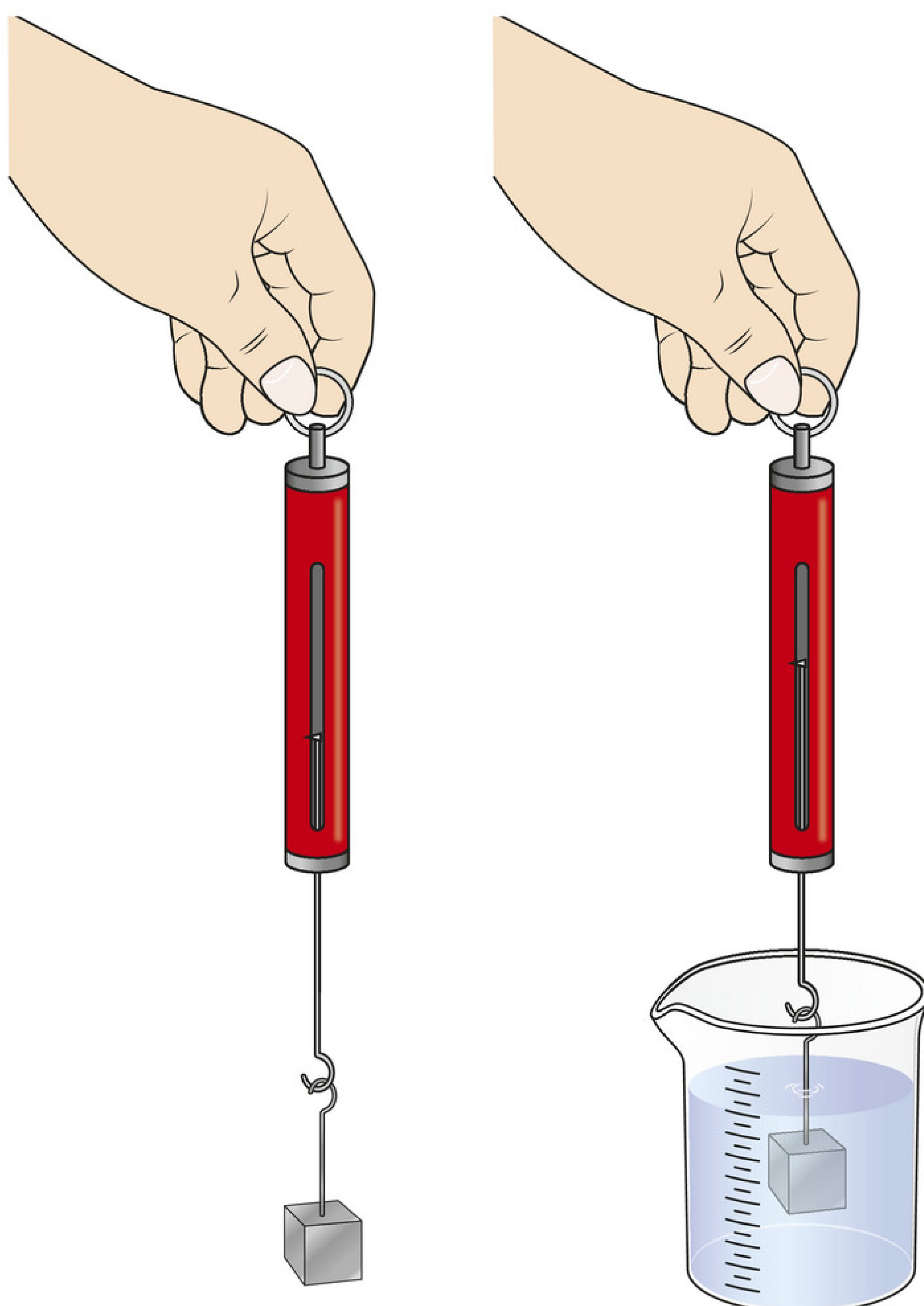
tabel 2 De meetgegevens van proef 3.

Opwaartse kracht

- Hang het aluminium blokje aan de krachtmeter.

10 Wat geeft de krachtmeter aan? Noteer: .... N.

- Vul het bekerglas voor driekwart met water.
- Laat het blokje, terwijl het aan de krachtmeter hangt, helemaal onder water zakken (figuur 4).



figuur 4 Het water duwt het blokje omhoog.

11 Wat geeft de krachtmeter nu aan? Noteer: .... N.

12 Hoe groot is het verschil tussen de twee metingen bij opdracht 10 en 11?

....

13 Het water drukt het blokje met een bepaalde kracht omhoog.

a Hoe groot is die kracht?

....

b In welke richting werkt deze kracht?

....

Ruim alles netjes op.

PROEF 4 DE GROOTTE VAN DE KRACHTARM

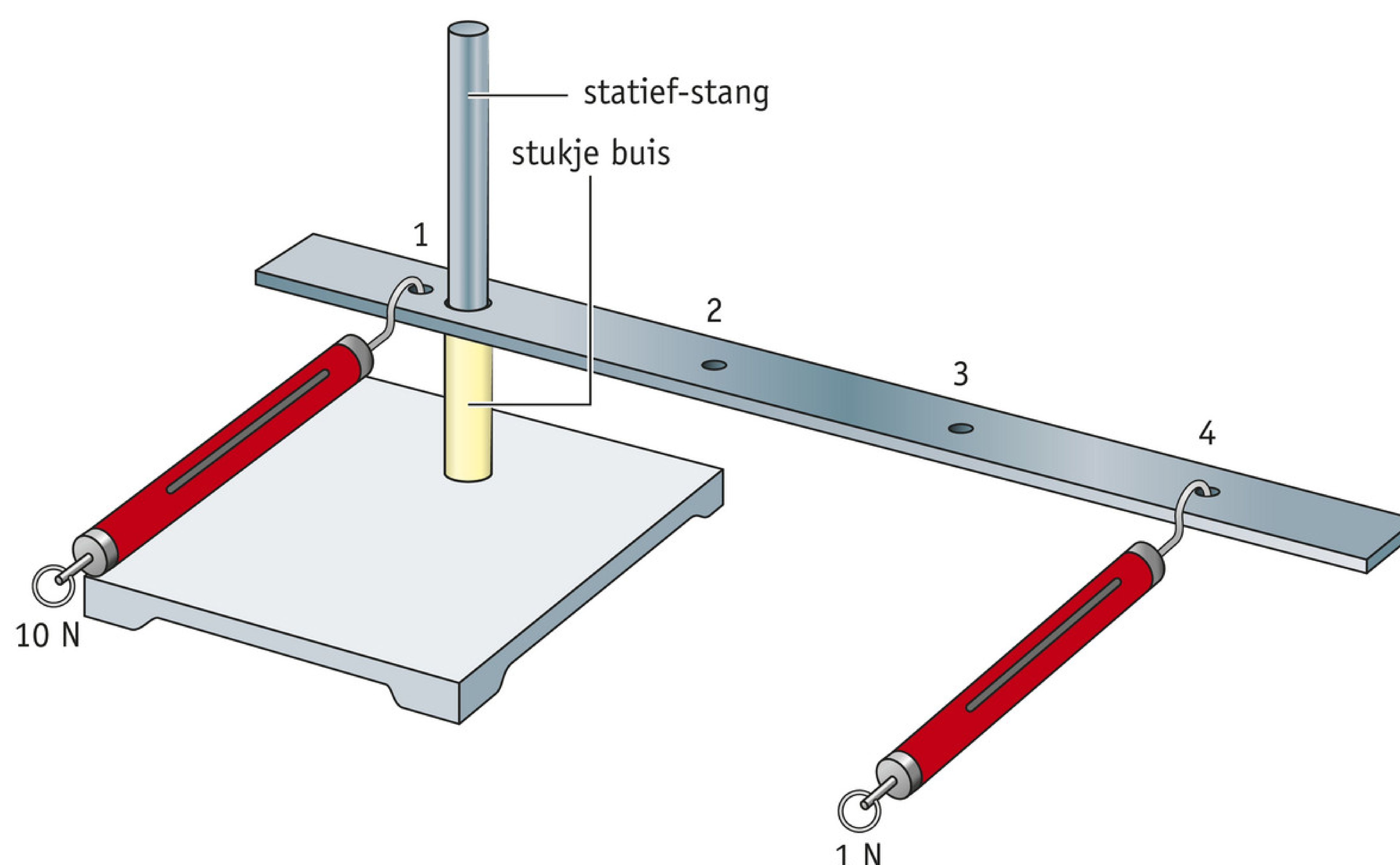

20 minuten

Inleiding
Een hefboom vergroot je werkkracht. Hoeveel keer de hefboom je werkkracht vergroot, hangt af van de armen van de krachten (de krachtarm en de lastarm).

Doel
Je onderzoekt het verband tussen de krachtarm en de last.
De onderzoeksvraag is:
Hoe verandert de last als je de krachtarm steeds groter maakt?

Nodig
- ☐ statief
- ☐ stalen strip met een groot gat en vier kleine gaatjes
- ☐ buis van 5 cm (bijvoorbeeld elektrobuis van 15 mm)
- ☐ lijmklem
- ☐ krachtmeter van 1 N
- ☐ krachtmeter van 10 N
- ☐ meetlat van 30 cm

Uitvoeren en uitwerken
- Voer deze proef samen met een klasgenoot uit.
- Zet het statief met een lijmklem vast op het tafelblad.
- Schuif het stukje buis over de stang van het statief (figuur 5).
- Schuif de strip met het grote gat over de stang van het statief.



figuur 5 De opstelling voor proef 4.

Het grote gat in de strip is het draaipunt van de hefboom.
Aan de ene kant heeft de strip een gat op 2 cm afstand van het draaipunt.
Aan de andere kant heeft de strip drie gaten: op 10, 20 en 30 cm afstand van het draaipunt.

Meting 1
- Doe de krachtmeter van 1 N in gaatje 2 (10 cm) van de hefboom.
- Doe de krachtmeter van 10 N in gaatje 1 van de hefboom.
- Leerling 1 trekt voorzichtig aan de krachtmeter van 1 N tot deze 0,5 N aanwijst.
- Leerling 2 trekt tegelijk aan de krachtmeter van 10 N, zodat de hefboom in evenwicht blijft.
- Kijk hoeveel N de krachtmeters aangeven.

Let op!
De hefboom is in evenwicht als de strip niet gaat draaien.

1 De krachtmeter van leerling 2 (de last) geeft .... N aan.

- Meet de lengte van de werkarm (van gaatje 2) nauwkeurig op.

2 De werkarm is .... cm.

- Noteer deze drie meetwaarden op de juiste plaats in tabel 3.

Meting 2
- Doe de krachtmeter van 1 N nu in gaatje 3.
- Herhaal de proef. Doe alles net zoals bij meting 1.
- Noteer je meetwaarden op de juiste plaats in tabel 3.

Meting 3
- Doe de krachtmeter van 1 N nu in gaatje 4.
- Herhaal de proef. Doe alles net zoals bij meting 1.
- Noteer je meetwaarden op de juiste plaats in tabel 3.

tabel 3 De meetgegevens van proef 4.

meting	werkkracht (N)	werkarm (cm)	last (N)
1	0,5		
2	0,5		
3	0,5		

3 Kijk nu naar de gegevens in tabel 3.
Noteer het antwoord op de onderzoeksvraag.

....

....

....

- Ruim alles netjes op.

PROEF 5 ONDERZOEK: ELASTIEK UITREKKEN

30 minuten

Inleiding

Een elastiek en een veer rekken allebei uit als je eraan trekt. Een veer rekt uit volgens een lineair verband. Geldt dat ook voor een stuk elastiek?

Doel

Gebruik de vaardigheid *Verbanden meten*.
Onderzoek op welke manier elastiek uitrekt door proef 1 nog eens te doen, maar nu met een elastiek in plaats van een spiraalveer. De onderzoeksvraag is:
Wat is het verband tussen de kracht en de uitrekking bij een elastiek?

Uitvoeren en uitwerken

- Maak een werkplan en voer het onderzoek uit.
- Verwerk je meetgegevens tot een grafiek.
- Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

Je leraar beslist welke van de volgende proeven worden uitgevoerd.

PROEF 6 EXPANDER

45 minuten

Inleiding

Je onderzoekt hoeveel kracht nodig is om de veren van een expander uit te rekken.

PROEF 7 GAREN

30 minuten

Inleiding

Je onderzoekt hoe sterk een soort garen is.

Leerstofoverzicht

3.1 KRACHTEN HERKENNEN

ONTHOUD

- Krachten kun je niet zien. Je kunt alleen de effecten van krachten zien. Krachten kunnen:
  - de snelheid van een voorwerp veranderen;
  - de richting van een voorwerp veranderen;
  - de vorm van een voorwerp veranderen.
- Er zijn allerlei soorten krachten, zoals spierkracht, veerkracht, spankracht, zwaartekracht en magnetische kracht.
- Een kracht kun je tekenen als een pijl.
  - Het aangrijpingspunt van de pijl geeft aan waar de kracht wordt uitgeoefend.
  - De richting van de pijl geeft aan in welke richting de kracht werkt.
  - De lengte van de pijl geeft aan hoe groot de kracht is.

BEGRIPPEN

aangrijpingspunt
Geeft het punt aan waar de kracht aangrijpt.

kracht
Hoe voorwerpen elkaars vorm en/of beweging veranderen.

lengte (van de krachtenpijl)
Geeft aan hoe groot de kracht is.

magnetische kracht
Kracht die werkt tussen de twee polen van een magneet. Kan afstotend of aantrekkend zijn.

richting (van de krachtenpijl)
Geeft aan in welke richting een kracht werkt.

spankracht
Kracht die in een touw ontstaat als er aan beide uiteinden wordt getrokken.

spierkracht
Kracht die ontstaat doordat de spieren in een lichaam zich samentrekken.

veerkracht
Kracht die ontstaat als je een veerkrachtig materiaal uitrekt of indrukt.

zwaartekracht
Kracht waarmee de aarde aan jou trekt en aan alles om je heen.

zwaartepunt
Een (denkbeeldig) punt waar je de zwaartekracht op een voorwerp kunt laten aangrijpen.

3.2 KRACHTEN METEN

ONTHOUD

- De uitrekking van een spiraalveer geeft aan hoe groot de kracht is die op de veer wordt uitgeoefend.
- Met een krachtmeter kun je de grootte van een kracht meten.
- Voor het meten van kleine krachten gebruik je krachtmeters met slappe veren; voor grote krachten gebruik je stugge veren.
- De zwaartekracht op een voorwerp kun je berekenen met de formule: $F_z = m \cdot g$. De waarde van g is overal op aarde 10 N/kg.
- Om een kracht juist te tekenen moet je eerst de krachtenschaal kiezen. Deze geeft aan hoeveel kracht een pijl van 1 cm voorstelt.

BEGRIPPEN

gravitatie
Ander woord voor zwaartekracht.

krachtenschaal
Verhouding die je kiest om krachten te kunnen tekenen. Geeft aan met hoeveel newton (N) één centimeter (cm) van de krachtenpijl overeenkomt.

krachtmeter
Instrument met een spiraalveer waarmee je krachten kunt meten.

slappe veer
Veer die gemakkelijk uitrekt. Wordt gebruikt in krachtmeters die zijn bedoeld om kleine krachten te meten.

stugge veer
Veer die moeilijk uitrekt. Wordt gebruikt in krachtmeters die zijn bedoeld om grote krachten te meten.

uitrekking
Het aantal centimeter dat een veer langer wordt als je er gewichtjes aan hangt.

veerunster
Ander woord voor krachtmeter.

3.3 NETTOKRACHT

ONTHOUD

- Als de krachten op een voorwerp in evenwicht zijn, zal het voorwerp niet in beweging komen. Daarvoor moet aan drie voorwaarden zijn voldaan:
  - de krachten zijn even groot;
  - de krachten liggen op dezelfde lijn (in elkaars verlengde);
  - de krachten hebben een tegengestelde richting.
- Als de krachten in evenwicht zijn, is de nettokracht gelijk aan 0 N.
- Om de nettokracht op een voorwerp te vinden, pas je twee regels toe:
  - krachten in dezelfde richting tel je bij elkaar op;
  - krachten in tegengestelde richting trek je van elkaar af.

BEGRIPPEN

evenwicht
Situatie waarbij alle krachten op een voorwerp elkaar opheffen. De nettokracht is dan 0 N.

nettokracht
De optelsom van alle krachten die op een voorwerp werken.

normaalkracht
Kracht die een oppervlak uitoefent op een voorwerp dat erop staat. De normaalkracht staat loodrecht op het oppervlak.

3.4 KRACHTEN IN WERKTUIGEN

ONTHOUD

- Veel werktuigen zijn hefbomen. Met een hefboom kun je je spierkracht vergroten.
- Iedere hefboom heeft een draaipunt. De afstand van de kracht op een hefboom tot aan het draaipunt wordt de arm genoemd.
- Bij een hefboom zijn twee krachten van belang: de werkkracht en de last. Door de werkkracht ver van het draaipunt aan te laten grijpen en de last dicht bij het draaipunt, zorg je ervoor dat je met een kleine werkkracht een grote last in evenwicht kunt houden.
- Naast enkele hefbomen zoals een koevoet en een flessenopener bestaan er ook dubbele hefbomen zoals tangen en scharen.

BEGRIPPEN

arm
(Loodrechte) afstand tussen de werklijn van een kracht en het draaipunt van een hefboom.

draaipunt
Punt waar een hefboom omheen draait.

dubbele hefboom
Werktuig dat bestaat uit twee hefbomen die om hetzelfde draaipunt draaien.

hefboom
Werktuig waarmee een kleine kracht een grote kracht in evenwicht kan houden.

last
Kracht die een hefboom uitoefent op een voorwerp.

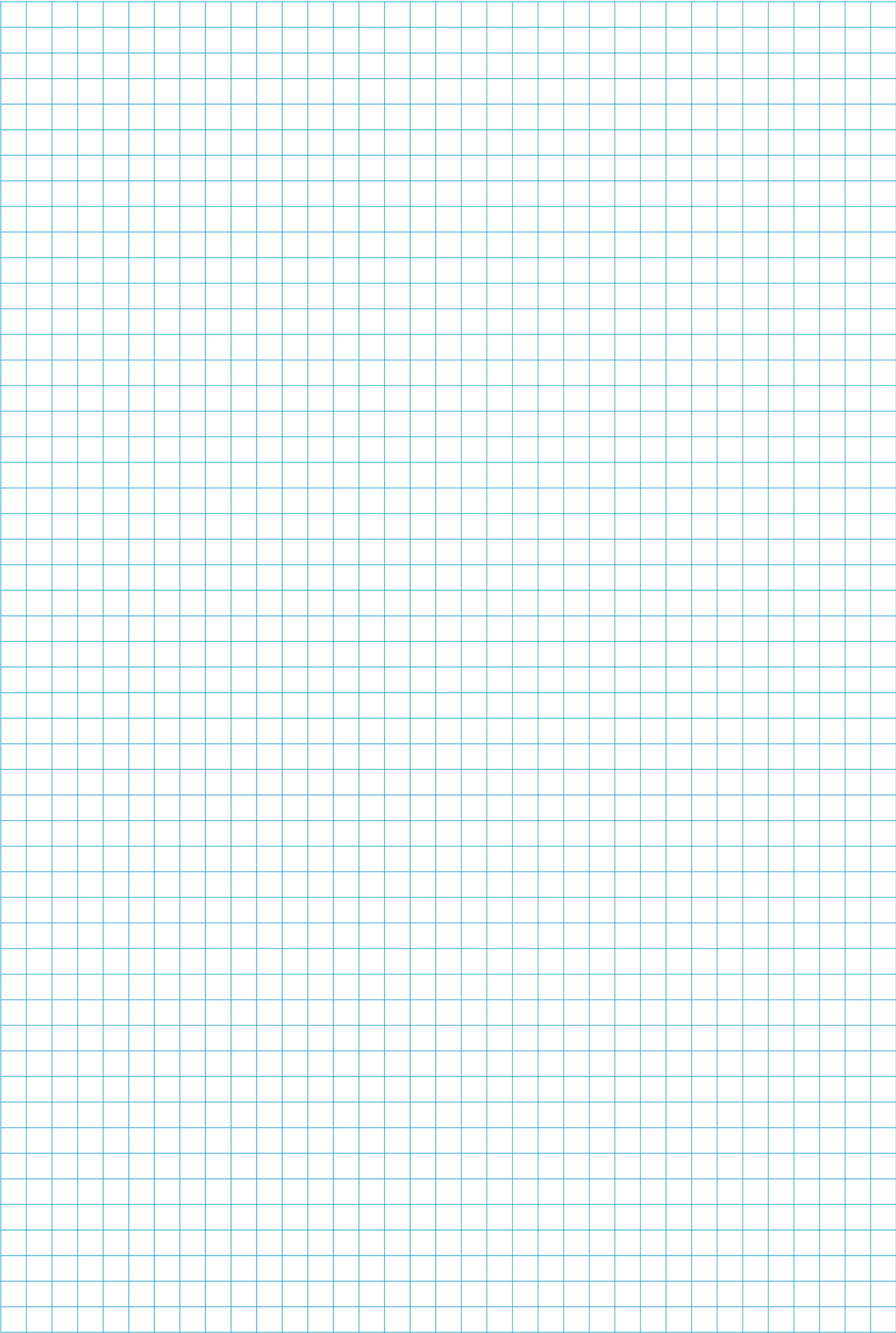
lastarm
(Loodrechte) afstand tussen last en draaipunt.

werkarm
(Loodrechte) afstand tussen werkkracht en draaipunt.

werkkracht
Kracht die je zelf op een hefboom uitoefent.



Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.



4 Stoffen

WERKEN MET STOFFEN

Er zijn allerlei beroepen waarin mensen met stoffen werken, ook met gevaarlijke stoffen. Of je nu chauffeur gevaarlijke stoffen bent, kapper of kok: kennis over (gevaarlijke) stoffen is vaak onmisbaar in je werk.





Wat weet je al over stoffen?

LEERDOELEN

1 Je kunt beschrijven hoe je stoffen kunt scheiden door middel van extractie of filtreren.
2 Je kunt vier stofeigenschappen noemen die worden gebruikt om stoffen te herkennen.
3 Je kunt oplossingen en suspensies onderscheiden.
4 Je kunt de drie fasen benoemen waarin water kan voorkomen.
5 Je kunt de zes faseovergangen van stoffen benoemen en beschrijven.
6 Je kunt uitleggen welke stoffen geleiders en isolatoren zijn en een aantal voorbeelden geven.
7 Je kunt de temperatuur omrekenen van graden Celsius naar kelvin en omgekeerd.

In deel 1-2 van Nova nask en in de hoofdstukken 1 en 2 van dit boek heb je al een aantal dingen over stoffen geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Bij het zetten van koffie gebruik je een filter.
Welke woorden moeten er op de plaatsen staan van de letters in figuur 1?

A ◯ ◯ 1 filtraat
B ◯ ◯ 2 oplosmiddel
C ◯ ◯ 3 residu



figuur 1 Koffiezetten.

2 Kies de eigenschappen waar je stoffen aan kunt herkennen.
brandbaarheid – geur – kleur – massa – smaak – volume – vorm

3 Een vloeibaar mengsel dat doorzichtig is noem je een *oplossing* / *suspensie*.
Een vloeibaar mengsel dat troebel is noem je een *oplossing* / *suspensie*.
De stof die in een oplosmiddel is opgelost kun je *wel* / *niet* zien.

4 In welke drie fasen kunnen stoffen voorkomen?

....

....

....

5 Kies de juiste faseovergang bij elke zin.

a Het gras is ’s ochtends vroeg nat van de dauw.
condenseren / *smelten* / *stollen* / *verdampen*

b Een straat droogt na een regenbui snel weer op.
condenseren / *smelten* / *stollen* / *verdampen*

c Kaarsvet wordt hard als de kaars is uitgegaan.
condenseren / *smelten* / *stollen* / *verdampen*

d IJs dooit en wordt water.
condenseren / *smelten* / *stollen* / *verdampen*

6 Sommige stoffen geleiden elektriciteit goed en andere stoffen juist niet.
Koppel de juiste omschrijving aan elk begrip.

A	geleider ○	○ 1	laat de stroom goed door
B	isolator ○	○ 2	laat de stroom niet goed door

7 De temperatuur wordt meestal in graden Celsius vermeld. Er is ook een andere temperatuurschaal, de kelvinschaal.
Reken om.

100 °C = ... K

−10 °C = ... K

100 K = ... °C

293 K = ... °C


Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Stofeigenschappen

LEERDOELEN

4.1.1 Je kunt uitleggen wat het verschil is tussen een mengsel en een zuivere stof.
4.1.2 Je kunt met voorbeelden toelichten hoe je stoffen van elkaar kunt scheiden.
4.1.3 Je kunt beschrijven wat er met de moleculen gebeurt als je een stof zuivert.
4.1.4 Je kunt vijf stofeigenschappen benoemen en stoffen daarmee van elkaar onderscheiden.
EXTRA 4.1.5 Je kunt uitleggen waarom aan keukenzout soms jodium wordt toegevoegd.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.1.4	4.1.5
Onthouden	1, 3, 6, 9b, 11ab	2ab, 8abc	4, 5bc	7abcde	12ab
Begrijpen	9a, 11cd		5a	10	12cd, 13abcd
Toepassen					12e
Analyseren					

Op de verpakking van voedingsmiddelen en cosmetica wordt altijd de samenstelling van het product vermeld. Wat heb je aan die informatie?

MENGSELS EN ZUIVERE STOFFEN

In huis gebruik je allerlei stoffen (figuur 1):

- schoonmaakmiddelen, zoals ammonia en zeep
- voedingsmiddelen, zoals suiker en azijn
- brandstoffen, zoals aardgas en spiritus
- cosmetica, zoals handcrème en deodorant
- geneesmiddelen, zoals aspirine en jodium
- enzovoort

Sommige stoffen die je thuis gebruikt, zijn gemaakt in een chemische fabriek. Andere stoffen komen uit de natuur. Je vindt ze daar bijna nooit in zuivere vorm. Als regel vormen ze een **mengsel** met andere stoffen. Daardoor kun je veel stoffen niet zomaar gebruiken. Eerst moet je ze scheiden van de stoffen die je niet nodig hebt. Enkele stoffen komen wel in de natuur in zuivere vorm voor, bijvoorbeeld goud en diamant.



figuur 1 Verpakkingen van stoffen die je in huis gebruikt.

STOFFEN ZUIVEREN

PROEF 1

In de scheikunde (het woord zegt het al) zijn allerlei manieren bedacht om stoffen van elkaar te scheiden. Je kunt bijvoorbeeld een filter gebruiken om een mengsel van een vaste stof en een vloeistof te **filtreren**. De vloeistof gaat door het filter heen, de vaste stof blijft in het filter achter (figuur 2). Een mengsel van kalk en water is zo eenvoudig te scheiden in kalk en water.



figuur 2 Filtreren.

Een andere scheidingsmethode is **indampen**. Met die methode kun je een opgeloste stof scheiden van een oplosmiddel. Je verwarmt de oplossing zodat het oplosmiddel verdampt. De opgeloste stof blijft achter als vaste stof. Op die manier winnen mensen al eeuwenlang zeezout uit zeewater. Ze laten het water verdampen, zodat alleen het zout overblijft.

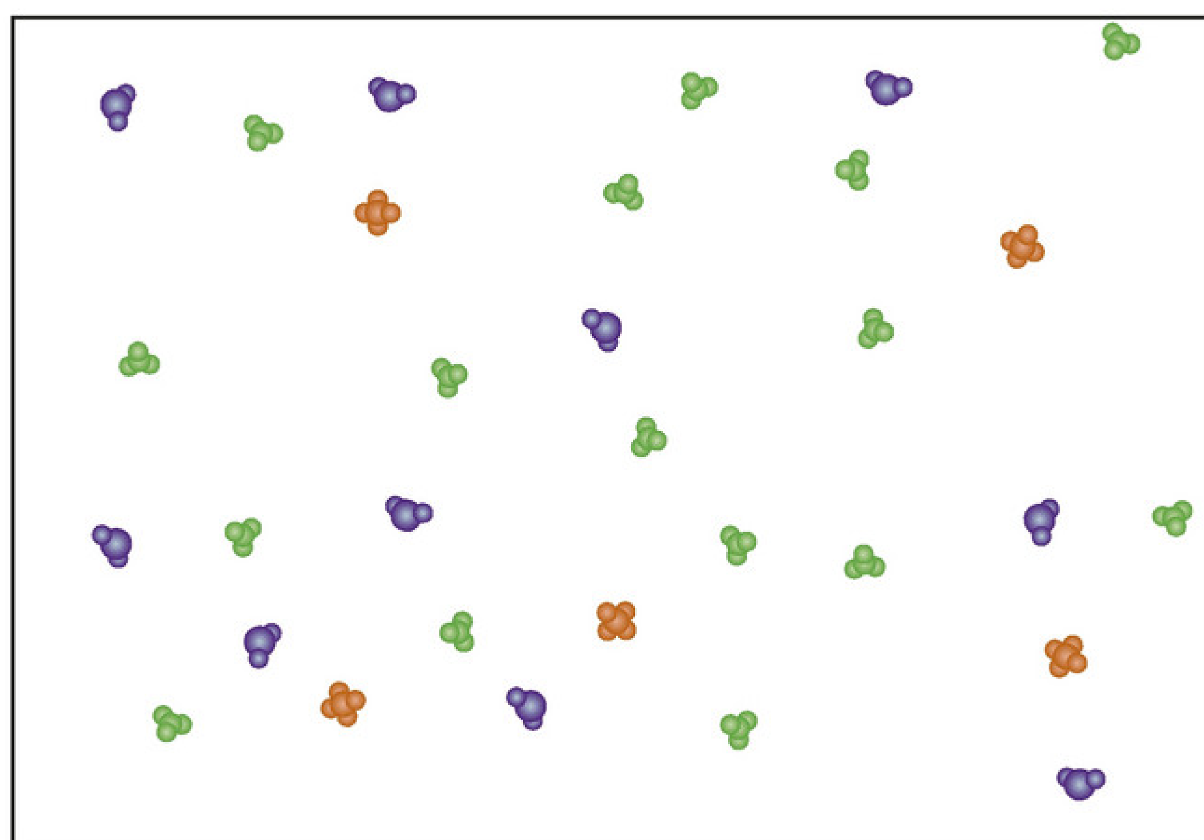
Je komt scheidingsmethoden dus niet alleen in het laboratorium tegen. Ze worden ook gebruikt om stoffen die je elke dag gebruikt te **zuiveren**. Denk bijvoorbeeld aan het zuiveren van suiker in een suikerfabriek (figuur 3). De suikerbieten die in zo'n fabriek worden verwerkt, bestaan voor 15 tot 20% uit suiker. Het eindproduct is bijna 100% zuivere kristalsuiker, vrijwel zonder andere stoffen.



figuur 3 Een suikerfabriek met op de voorgrond een berg suikerbieten.

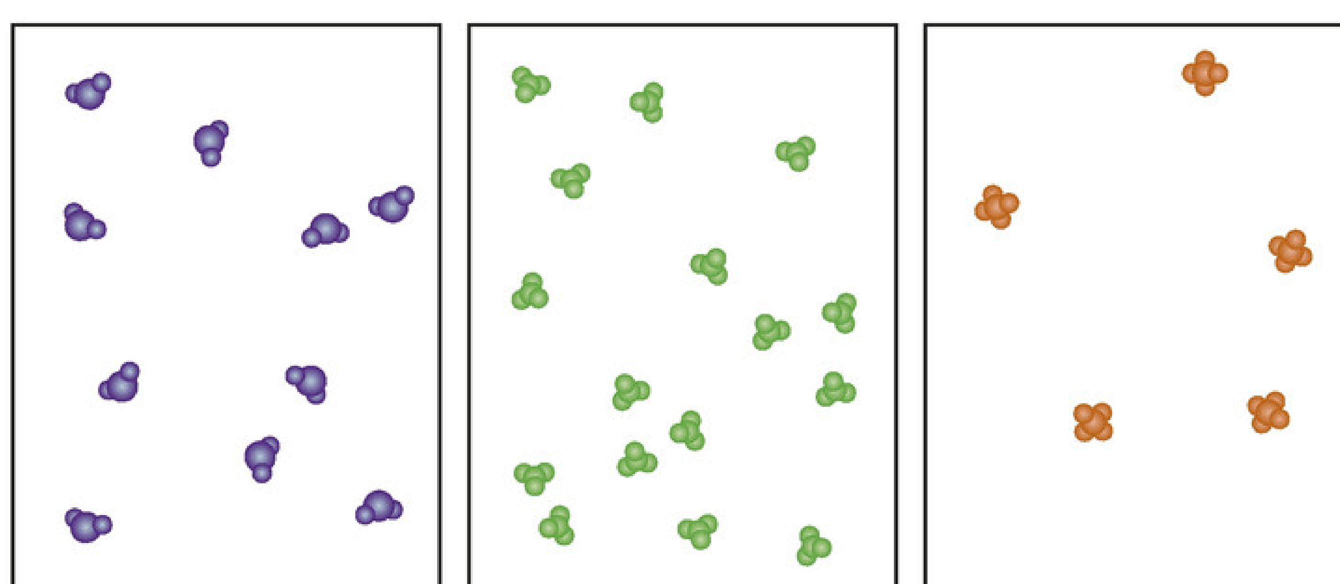
MOLECULEN SORTEREN

Elk zuiveringsproces begint met een mengsel waarin verschillende soorten deeltjes voorkomen. Deze deeltjes heten moleculen. In figuur 4 zie je daar een schematische voorstelling van. Om het verschil duidelijk te maken, heeft elk soort molecuul een eigen kleur gekregen. Zuiveren betekent dat je de moleculen van de stof die je hebben wilt, scheidt van de overige moleculen.



figuur 4 Een mengsel van drie stoffen.

Bij het scheiden van stoffen ben je dus eigenlijk bezig om moleculen te sorteren. Je zorgt ervoor dat moleculen van dezelfde soort bij elkaar terechtkomen (figuur 5). Bij het zuiveren van suiker bijvoorbeeld, wil je alleen suikermoleculen overhouden. Andere moleculen haal je zo veel mogelijk weg. Ten slotte blijven er witte kristallen over die voor meer dan 99% uit suiker bestaan.



figuur 5 Drie zuivere stoffen.

In theorie kun je een stof zó ver zuiveren dat je een 100% **zuivere stof** overhoudt. In zo'n stof zijn alle moleculen van dezelfde soort. In de praktijk is dat niet helemaal haalbaar. Er blijven altijd kleine hoeveelheden van andere moleculen achter. Stoffen zoals suiker, keukenzout en gedestilleerd water zijn daarom nooit echt helemaal zuiver, al noem je ze wel 'zuivere stoffen'.

EIGENSCHAPPEN VASTSTELLEN

Als je de eigenschappen van een stof wilt onderzoeken, wil je niet dat andere stoffen het resultaat beïnvloeden. Je wilt zeker weten dat de onderzochte eigenschappen echt bij die ene stof horen. Daarom werken scheikundigen vaak met zuivere stoffen of met oplossingen waarin maar één opgeloste stof zit.

Sommige eigenschappen van stoffen kun je eenvoudig vaststellen. De geur onderzoek je door voorzichtig te ruiken. Sommige stoffen hebben een heel herkenbare geur, zoals chloor, spiritus en vanilline (het hoofdbestanddeel van vanille). Bij de geur van chloor denk je meteen aan een zwembad.

Om de kleur vast te stellen, hoef je alleen maar te kijken (figuur 6). Veel stoffen hebben kenmerkende kleuren, zoals goud (geel), kopersulfaat (blauw) en roest (roodbruin). Andere stoffen zijn kleurloos, zoals water en alcohol.



figuur 6 Drie stoffen met een kenmerkende kleur. Ze lossen alle drie gemakkelijk op in water.

Andere stofeigenschappen kun je alleen vaststellen door proeven te doen. Dat geldt bijvoorbeeld voor de **oplosbaarheid**. Als je wilt weten of een bepaalde stof oplost in water, kun je dat uitproberen. Je merkt dan dat je veel stoffen gemakkelijk in water kunt oplossen. Voorbeelden zijn keukenzout, koolstofdioxide, suiker en zuurstof. Maar er zijn ook veel stoffen die niet in water oplosbaar zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor schoolkrijt, kaarsvet en zonnebloemolie.

Voor veel toepassingen is het belangrijk om te weten of een stof elektriciteit geleidt. Ook daar kun je alleen achter komen door proeven te doen. Op basis van die proeven kun je de **elektrische geleiding** van stoffen vaststellen. Hiermee kun je de stoffen verdelen in geleiders (zoals koper en zilver) en isolatoren (zoals glas en plastic).

Een belangrijke stofeigenschap is de **dichtheid**. De dichtheid geeft aan hoe zwaar of licht een bepaalde hoeveelheid van een stof is. Lood heeft een grote dichtheid: 11,35 g/cm^3. Dat betekent dat 1 cm^3 lood (een kubusje van 1 bij 1 bij 1 cm) 11,35 g weegt. Aluminium heeft een veel kleinere dichtheid: 2,70 g/cm^3. Een kubusje van aluminium is dus veel lichter dan een even groot kubusje van lood.

EXTRA KEUKENZOUT

Keukenzout zou je een bijna zuivere stof kunnen noemen. Het bestaat voor meer dan 99% uit natriumchloride. Aan het zout is een beetje antiklontermiddel toegevoegd. Daardoor plakken de zoutkristallen minder snel aan elkaar als het zout vochtig wordt.

Het meeste zout dat je in de winkel kunt kopen, bevat jodium (figuur 7). Dit jodiumhoudend zout moet ervoor zorgen dat mensen voldoende jodium binnenkrijgen. Gebrek aan jodium kan struma veroorzaken, een ziekte van de schildklier. De aanbevolen hoeveelheid jodium voor een volwassene is 0,15 mg per dag.

Bakkers waren tot 2008 verplicht om zout met extra jodium te gebruiken. Dat moest ervoor zorgen dat iedere Nederlander genoeg jodium binnenkreeg. Nu heeft de overheid die verplichting afgeschaft, maar de meeste bakkers gebruiken nog steeds jodiumhoudend bakkerszout. Alleen als je weinig brood eet of brood waaraan geen bakkerszout is toegevoegd, loop je kans op een jodiumtekort.



figuur 7 Keukenzout bevat vaak jodium.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Geef een voorbeeld van twee zuivere stoffen die in de natuur voorkomen.

....

2 Welke scheidingsmethode je toepast, hangt af van het soort mengsel.

a Met welke scheidingsmethode kun je een opgeloste stof scheiden van het oplosmiddel?
filtreren / indampen

b Met welke scheidingsmethode kun je een vaste stof scheiden van een vloeistof?
filtreren / indampen

3 Wanneer noem je een stof een zuivere stof?

- ○ A als de stof gefiltreerd is
- ○ B als de stof een mengsel is
- ○ C als de stof een schoon oppervlak heeft
- ○ D als de stof uit één soort moleculen bestaat

4 Je kunt een stof zuiveren. Eigenlijk ben je dan bezig de moleculen:

- ○ A schoon te maken.
- ○ B te mengen.
- ○ C te sorteren.

5 Stoffen bestaan uit moleculen.

a Hoe noem je een stof die uit verschillende soorten moleculen bestaat? een ....

b Hoe noem je een stof die uit één soort moleculen bestaat? een ....

c Wat gebeurt er met de moleculen als je een scheidingsmethode gebruikt?

....

....

6 Welke producten noem je beide zuivere stoffen?

- ○ A ammoniak en bleekmiddel
- ○ B azijn en vruchtensap
- ○ C shampoo en zeep
- ○ D suiker en zout

7 Geef een voorbeeld van een stof:

a met een kenmerkende gele kleur

....

b met een kenmerkende scherpe geur

....

c die je niet in water kunt oplossen

....

d die goed elektriciteit geleidt

....

e met een grote dichtheid

....

TOEPASSING

8 In een suikerfabriek wordt suiker stap voor stap gezuiverd (figuur 8).
Hieronder worden drie stappen van het productieproces beschreven. Noteer welke scheidingsmethode bij elke stap wordt gebruikt.

a De suiker wordt met warm water uit de in reepjes gesneden bieten gehaald.

De scheidingsmethode is ....

b Het diksap gaat door een filter heen om zwevende deeltjes te verwijderen.

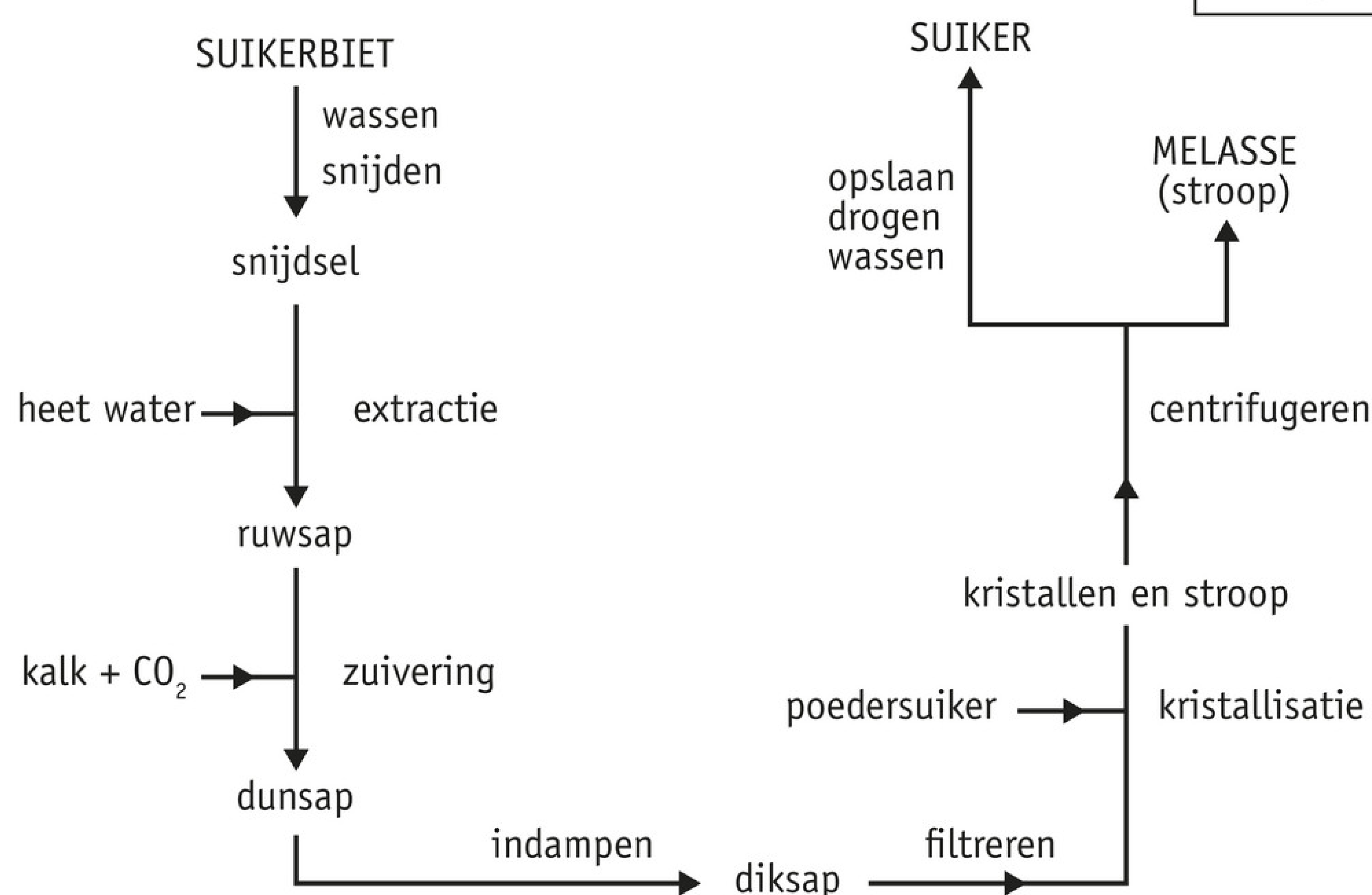
De scheidingsmethode is ....

c Terwijl het diksap wordt gekookt in vacuümpannen, worden de kristallen in de vloeistof steeds groter.

De scheidingsmethode is ....

1 De suikerbieten worden met water gewassen. De schone bieten worden daarna in reepjes gesneden.Ten slotte wordt de suiker in het snijdsel geëxtraheerd met warm water. Zo ontstaat ruwsap, een oplossing met circa 15% suiker.

5 Als de suikerkristallen groot genoeg zijn, worden ze in centrifuges van de overgebleven vloeistof gescheiden. De suikerkristallen worden gewassen en gedroogd en ten slotte opgeslagen in grote silo's.



4 Het diksap wordt nu nog verder ingedampt in vacuümpannen. Ondertussen wordt een proces van kristallisatie gestart door poedersuiker bij de oplossing te doen. De kristallen (suikerkorrels) groeien dan steeds verder aan.

2 Het ruwsap wordt gezuiverd tot dunsap. Dat gebeurt met twee hulpstoffen: eerst wordt kalkmelk bij het ruwsap gedaan en daarna wordt CO_2 toegevoegd. De kalk vormt dan kleine vaste deeltjes. Deze deeltjes zakken door het sap naar beneden en nemen ongewenste stoffen met zich mee.

3 Het dunsap wordt ingedikt door een deel van het water te laten verdampen. Zo ontstaat diksap: een dikke siroop met ongeveer 70% suiker. Het diksap wordt gefiltreerd om de laatste zwevende deeltjes te verwijderen.

figuur 8 Het zuiveren van suiker in een suikerfabriek.

9 In hoofdstuk 2 heb je geleerd dat lucht uit moleculen bestaat. Toch bestaat lucht niet uit 'luchtmoleculen'.

a Waarom mag je de moleculen in lucht geen 'luchtmoleculen' noemen?

....

....

....

b Uit welke twee soorten moleculen bestaat lucht voornamelijk?

....

10 Je ziet de namen van acht stoffen.

alcohol – chloor – goud – grafiet – koper – kopersulfaat – olijfolie – zuurstof

Noteer elke stof op de juiste plaats in tabel 1.

tabel 1 Acht stoffen en hun eigenschappen.

fase bij 20 °C	kleur	geur	oplosbaar in water	elektrische geleiding	stof
vast	blauw	geen	ja	nee	
vloeibaar	kleurloos	sterk, niet onaangenaam	ja	nee	
vast	oranjerood	geen	nee	ja	
vast	geel	geen	nee	ja	
vast	zwart	geen	nee	ja	
gas	kleurloos	geen	ja	nee	
gas	geelgroen	onaangenaam, sterk prikkelend	ja	nee	
vloeibaar	geelgroen	flauw, niet onaangenaam	nee	nee	

11 Op de website van een waterbedrijf staat informatie over kraanwater (figuur 9).

a Welke stoffen zitten er volgens het waterbedrijf allemaal in kraanwater?

....

....

b Welke verzamelnaam gebruikt het waterbedrijf voor deze stoffen? ....

c Kraanwater bevat minder mineralen dan mineraalwater.
Waarom is dat volgens het waterbedrijf maar goed ook?

....

....

....

d Waarom is kraanwater volgens het waterbedrijf ook veiliger voor de consument dan mineraalwater?

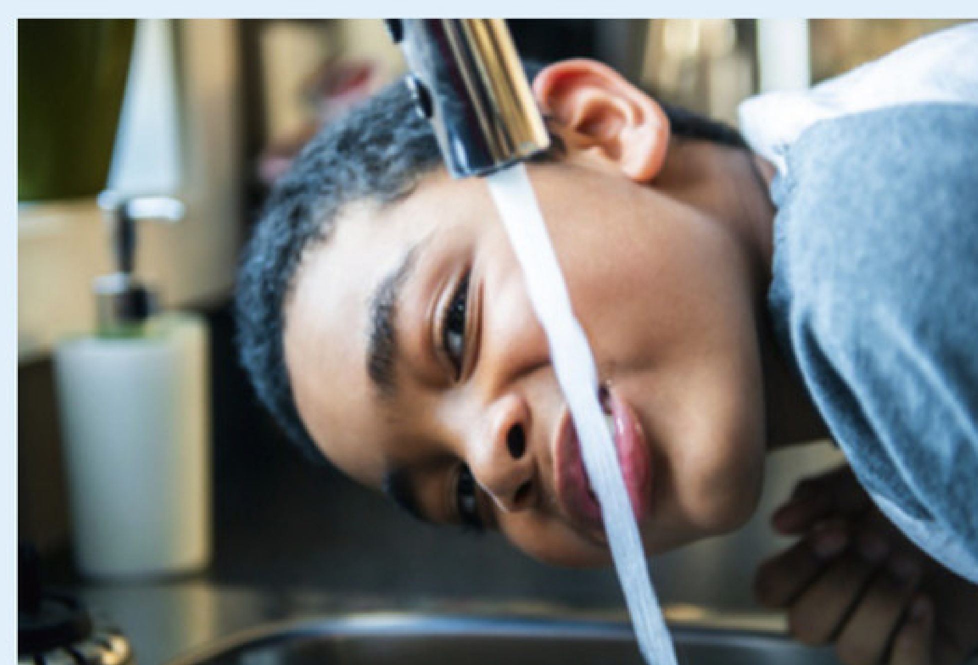
....

....

....

KRAANWATER

Wat er in kraanwater zit



Kraanwater bevat mineralen die goed voor ons zijn, zoals calcium, magnesium, kalium, carbonaten en sulfaten. Calcium (kalk) en magnesium zijn goed voor je botten, ijzer is goed voor je bloed. Er zitten genoeg mineralen in kraanwater. Fabrikanten van bron- en mineraalwater beweren wel eens dat een grote hoeveelheid mineralen gezond is voor het lichaam. Maar een teveel aan mineralen in het water is ook weer niet goed: het vormt een extra belasting voor de nieren.

Wat zit er niet in kraanwater?

Veel fabrikanten van waterfilters en watercoolers vertellen dat er chloor in kraanwater zit, maar in 80% van het kraanwater in Nederland is dat helemaal niet het geval. Kraanwater wordt vaker en op meer stoffen onderzocht dan bijvoorbeeld mineraalwater.
In het Drinkwaterbesluit (de Drinkwaterwet) is voor zo'n 65 stoffen de maximale hoeveelheid mineralen vermeld. Hierin is ook bepaald dat waterbedrijven de veiligheid van hun drinkwater moeten aantonen met een microbiologische risicoanalyse. Drinkwater moet van dusdanige kwaliteit zijn, dat het risico op een darminfectie via drinkwater kleiner is dan één infectie per 10 000 personen per jaar (oftewel voor één persoon kleiner dan eens per 10 000 jaar). Tot slot bevat kraanwater geen calorieën, vetten, suikers en kleurstoffen.

figuur 9 Het waterbedrijf maakt reclame voor kraanwater.

EXTRA KEUKENZOUT

12 In figuur 10 zie je een tekst over jodium in voedsel.
Leg met de gegevens in figuur 10 uit:

a waardoor veel meisjes en vrouwen te weinig jodium binnenkrijgen.

....

b waar een dokter aan kan merken dat iemand gebrek heeft aan jodium.

....

....

c waarom brood een belangrijke bron van jodium is.

....

....

d waarom mensen met een zoutarm dieet extra jodium moeten slikken.

....

....

e waardoor struma bijna nooit voorkomt bij mensen die aan zee leven.

....

....

....

JODIUMGEBREK



Veel mensen krijgen te weinig jodium via hun voeding binnen. Dit geldt vooral voor jonge meisjes en vrouwen die weinig brood eten. Jodiumgebrek kan tot uiting komen door een opgezette schildklier in je hals, zie de foto. Deze aandoening heet krop of struma. Belangrijke bronnen van jodium zijn schaal- en schelpdieren, vis, zeewier, de meeste soorten brood en met jodium verrijkt zout.
In de supermarkt kun je zout kopen met jodium. Op de verpakking staat vermeld hoeveel jodium het zout bevat. Standaard is dat 21 mg jodium per kilo. De meeste bakkers gebruiken jodiumhoudend broodzout in hun brood, al zijn er uitzonderingen. Dit broodzout is niet in de winkel te koop en bevat 55 tot 65 mg jodium per kilo.

figuur 11 Informatie over jodiumgebrek.

13 Yannick voegt gemiddeld 3 gram zout per dag aan zijn voedsel toe. Hij krijgt ook 2 gram zout per dag binnen door brood te eten.

a Het zout dat Yannick gebruikt, bevat 0,025 mg jodium per gram.
Hoeveel jodium krijgt Yannick per dag binnen door het zout dat hij aan zijn voedsel toevoegt?

....

b Het zout in het brood bevat 0,060 mg jodium per gram.
Hoeveel jodium krijgt Yannick per dag binnen door het zout in zijn brood?

....

c Hoeveel jodium krijgt Yannick per dag in totaal binnen?

....

d Krijgt Yannick genoeg jodium binnen via het zout in zijn voedsel?

....

....

....

....

....

....

2 Smeltpunt en kookpunt

LEERDOELEN

4.2.1 Je kunt stoffen van elkaar onderscheiden op basis van hun fase bij kamertemperatuur.
4.2.2 Je kunt het smeltpunt van een stof aflezen uit een temperatuur-tijddiagram.
4.2.3 Je kunt beschrijven wat er in een vloeistof gebeurt als de stof aan het koken is.
4.2.4 Je kunt het kookpunt van een stof aflezen uit een temperatuur-tijddiagram.
4.2.5 Je kunt uitleggen waarom je bij het kookpunt ook de luchtdruk moet vermelden.
EXTRA 4.2.6 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met 'het kooktraject van een mengsel'.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.2.5	4.2.6
Onthouden	1, 5a	3, 5b	5c		5d	
Begrijpen	7abc	2, 8b, 9a		2	4, 10abcde	11ab, 12ce
Toepassen	6cd	8ac, 9b				11c, 12abdf
Analyseren						

Als je alcohol op een watje doet, ruik je meteen een alcohollucht. De alcohol verdampt snel en komt met de lucht in je neusgaten terecht. Waaraan kun je nog meer merken dat alcohol snel verdampt?

FASEN

De **fase** is één van de eigenschappen waar je een stof aan kunt herkennen. Je weet dat bij normale druk en kamertemperatuur (20 °C) suiker vast is, benzine vloeibaar en zuurstof gasvormig. Een heldere vloeistof in een fles zou dus wel benzine kunnen zijn, maar geen suiker of zuurstof.

De meeste vloeistoffen bewaar je afgesloten, in een fles, blik of pak. Anders verdampen ze en is er na kortere of langere tijd geen vloeistof meer over. Sommige vloeistoffen verdampen heel snel, als je ze niet goed afsluit. Ze verdampen zelfs veel sneller dan water. Je zegt dat zo'n vloeistof **vluchtig** is. Een bekend voorbeeld is benzine.

Benzinedamp is net als zuurstof en stikstof een gas. Benzinedamp is een onzichtbaar gas, dat zich zonder problemen mengt met de lucht om je heen (figuur 1). Je ruikt meteen of iemand benzine heeft gemorst, maar je kunt de benzinedamp niet zien.



figuur 1 Benzinedamp (gasvormige benzine) kun je niet zien, maar wel ruiken.

HET SMELTPUNT VAN STOFFEN

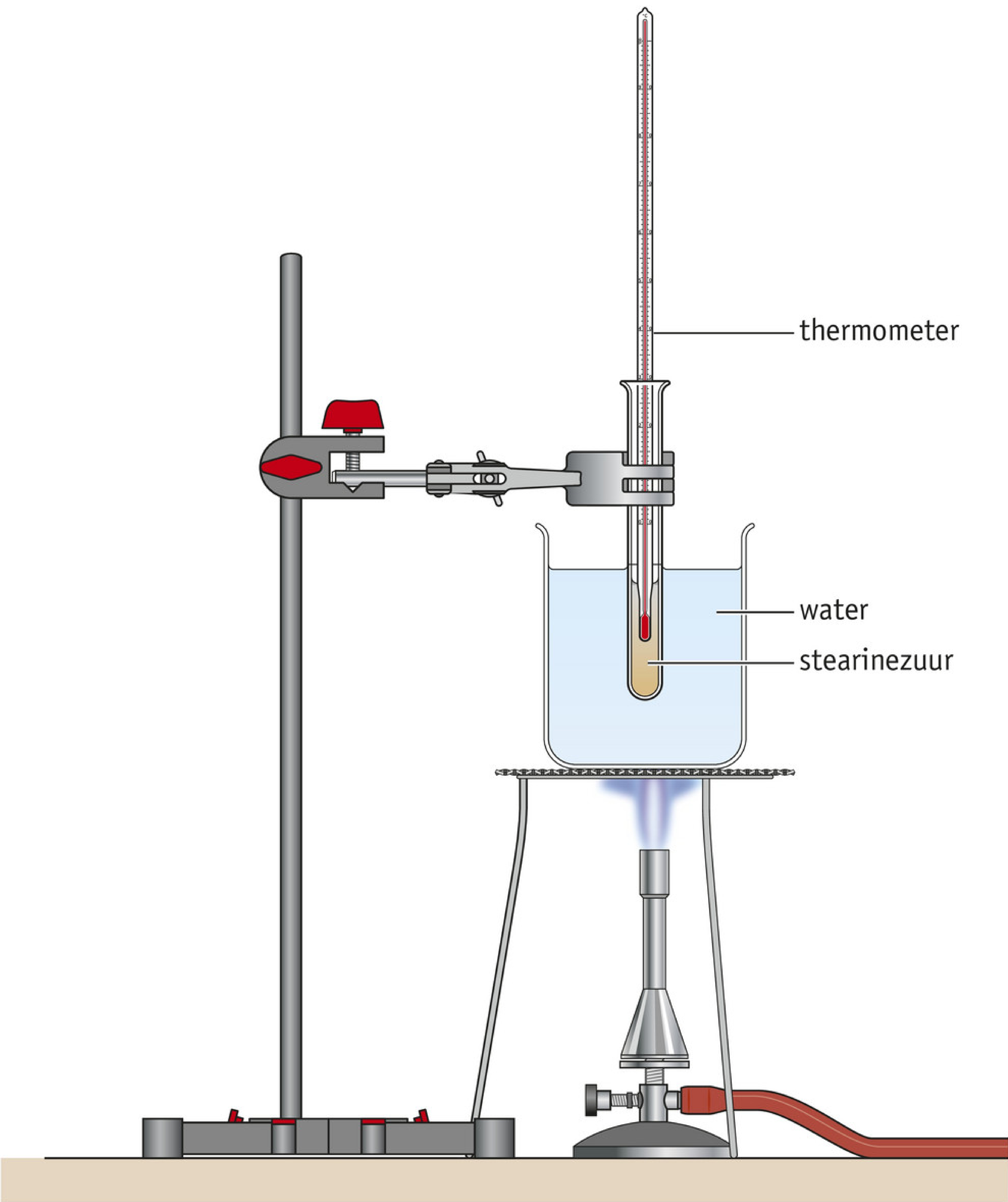
PROEF 2

Een zuivere stof smelt altijd bij dezelfde temperatuur. Die temperatuur noem je het **smeltpunt** van de stof. Alcohol smelt bijvoorbeeld bij −114 °C, ijs bij 0 °C en lood bij 328 °C. Het smeltpunt is dus een stofeigenschap (tabel 1). Bij allerlei toepassingen van stoffen speelt het smeltpunt een belangrijke rol. Denk bijvoorbeeld aan het solderen van metalen door een sieradenontwerper of een elektrotechnicus.

tabel 1 Het smeltpunt van enkele zuivere stoffen.

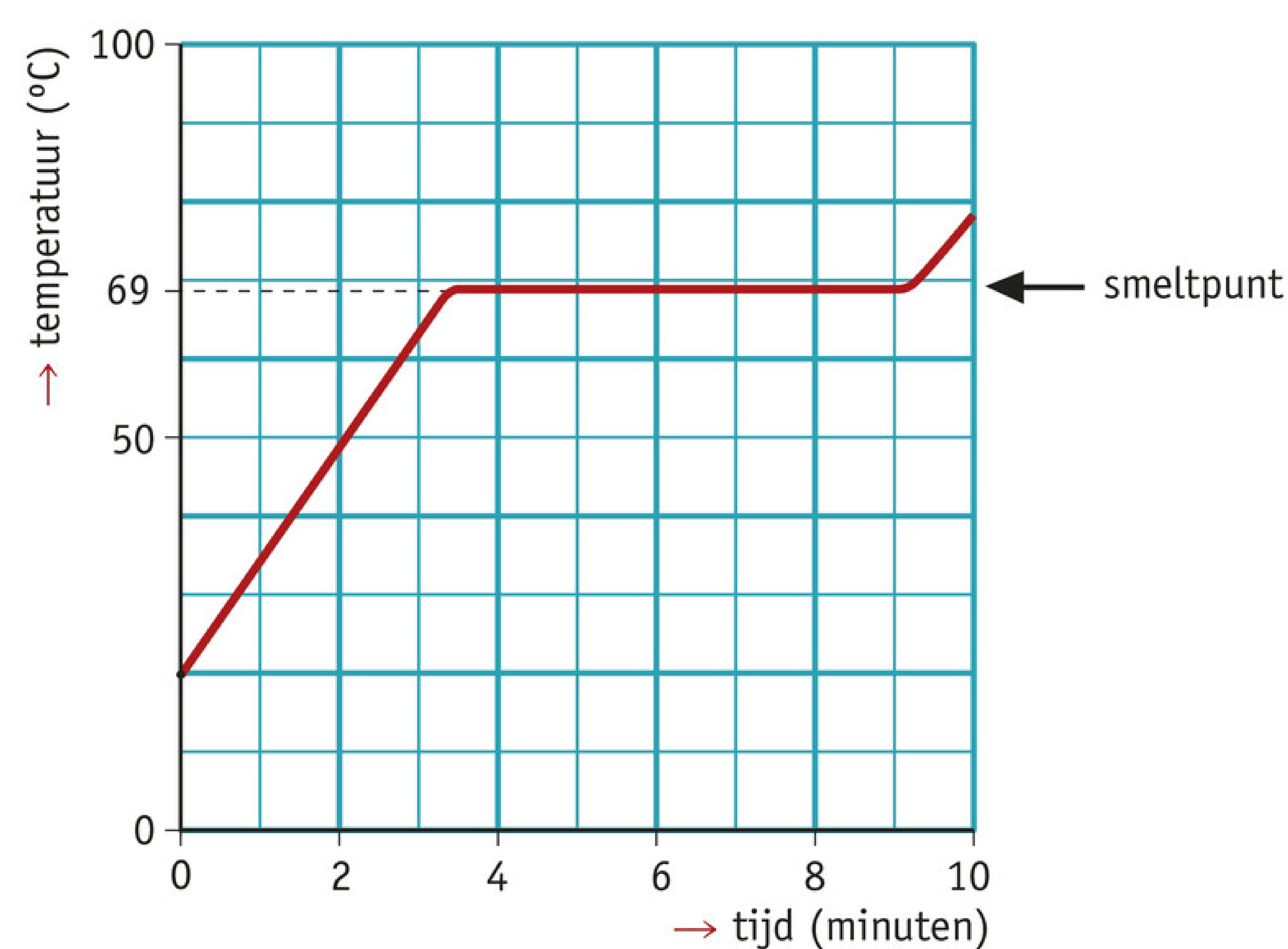
stof	smeltpunt (°C)
alcohol (ethanol)	−114
kwik	−39
water	0
stearinezuur	69
lood	328
keukenzout	801
ijzer	1538
wolfraam	3422

In figuur 2 zie je een proef om het smeltpunt van een stof te bepalen. Een reageerbuis met stearinezuur wordt verwarmd in een bekerglas met heet water. Zo kun je er zeker van zijn dat de reageerbuis gelijkmatig wordt verwarmd. Met regelmatige tussenpozen wordt de temperatuur van het stearinezuur gemeten.



figuur 2 Met deze proef kun je het smeltpunt van stearinezuur bepalen.

In figuur 3 zijn de meetresultaten van zo'n proef ingetekend in een temperatuur-tijddiagram.
Je ziet dat het stearinezuur begint te smelten als de temperatuur 69 °C is geworden. Zolang het stearinezuur smelt, blijft de temperatuur 69 °C. Alle toegevoerde warmte wordt dan gebruikt om de stof te laten smelten. Pas wanneer het stearinezuur volledig is gesmolten, stijgt de temperatuur weer.



figuur 3 Een temperatuur-tijddiagram van het smelten van stearinezuur.

Als je het gesmolten stearinezuur laat afkoelen, gebeurt het omgekeerde. Bij 69 °C begint het stearinezuur te stollen. De temperatuur blijft 69 °C tot alle stearinezuur is gestold. Pas daarna daalt de temperatuur verder. Het **stolpunt** is dus gelijk aan het smeltpunt.

HET KOOKPUNT VAN STOFFEN

Als je een vloeistof verwarmt, zal hij bij een bepaalde temperatuur gaan koken. Je ziet dan overal in de vloeistof dampbellen ontstaan. De vloeistof verdampt dan niet alleen aan het vloeistofoppervlak zoals bij 'gewoon' verdampen, maar overal in de vloeistof. De temperatuur waarbij dit gebeurt, noem je het **kookpunt** van de stof. Zolang de vloeistof kookt, blijft de temperatuur constant 'op het kookpunt'.

De hoogte van het kookpunt is afhankelijk van de luchtdruk. Hoe hoger de luchtdruk, des te hoger het kookpunt. Dat komt doordat er zich minder gemakkelijk dampbellen vormen als de druk op de vloeistof groter is. Meestal wordt het kookpunt van een stof opgegeven bij een 'standaard' luchtdruk van 1000 mbar (100 kPa).

Elke zuivere stof heeft zijn eigen kookpunt. Het kookpunt is dus net als het smeltpunt een stofeigenschap (tabel 2). Vluchtige vloeistoffen zoals ether, aceton en alcohol kun je herkennen aan hun lage kookpunten. Zuurstof en stikstof komen bij kamertemperatuur alleen als gas voor. Deze stoffen hebben een nog veel lager kookpunt. In figuur 4 zie je vloeibaar gemaakte stikstof koken bij −196 °C.



figuur 4 Een reageerbuis met kokende stikstof.

tabel 2 Het kookpunt van enkele zuivere stoffen (bij 1000 mbar).

stof	kookpunt (°C)
stikstof	−196
methaan	−162
ether	35
aceton	56
alcohol (ethanol)	78
water	100
olijfolie	297
kwik	357

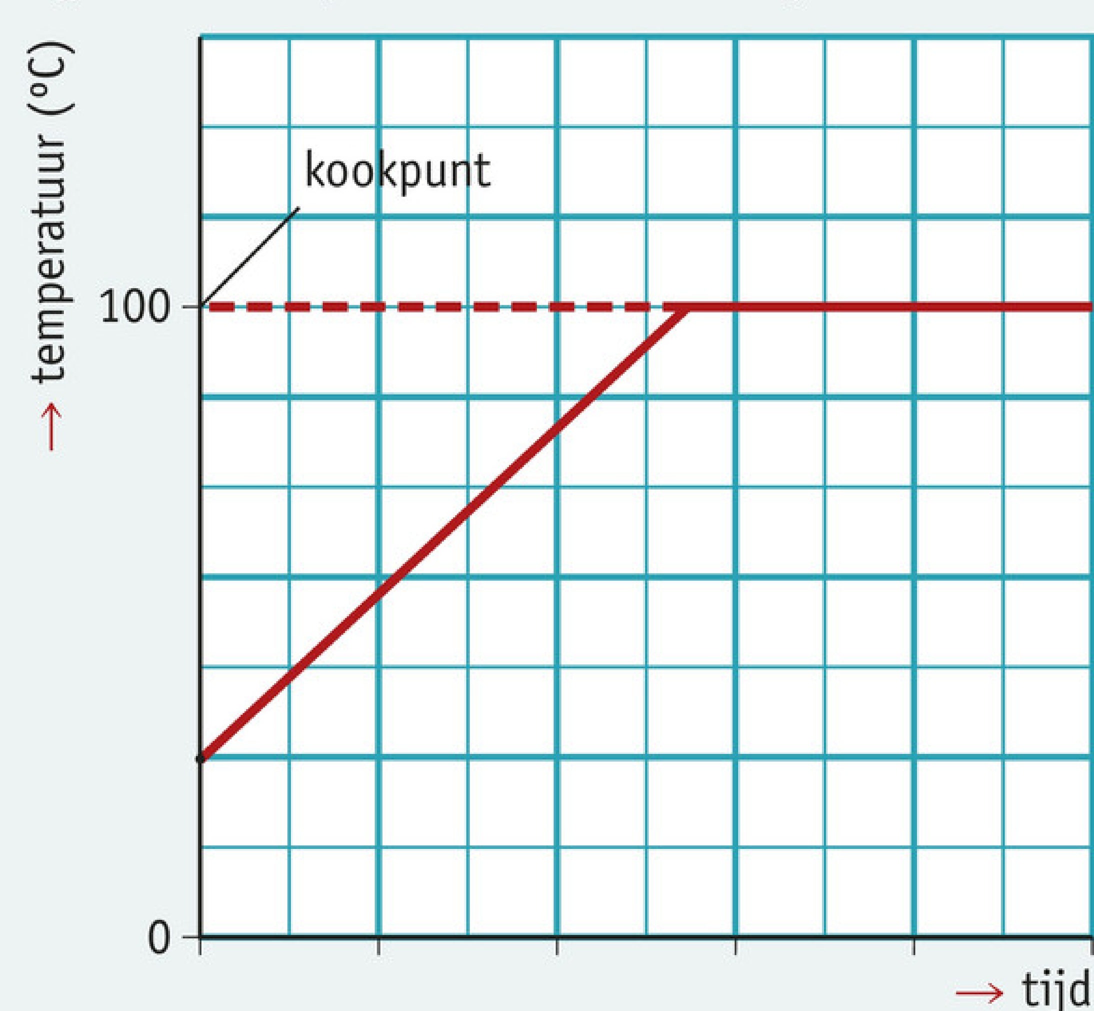
EXTRA HET KOOKTRAJECT VAN EEN MENGSEL

Mengsels gedragen zich bij een faseovergang anders dan zuivere stoffen. Dat merk je bijvoorbeeld als je een mengsel van water en alcohol gaat verwarmen. Wijn is een voorbeeld van zo'n mengsel. Een fles wijn bevat ongeveer twaalf volumeprocent (12 vol%) alcohol. Dat betekent dat 100 mL wijn 12 mL zuivere alcohol bevat. Verder bestaat wijn vooral uit water.

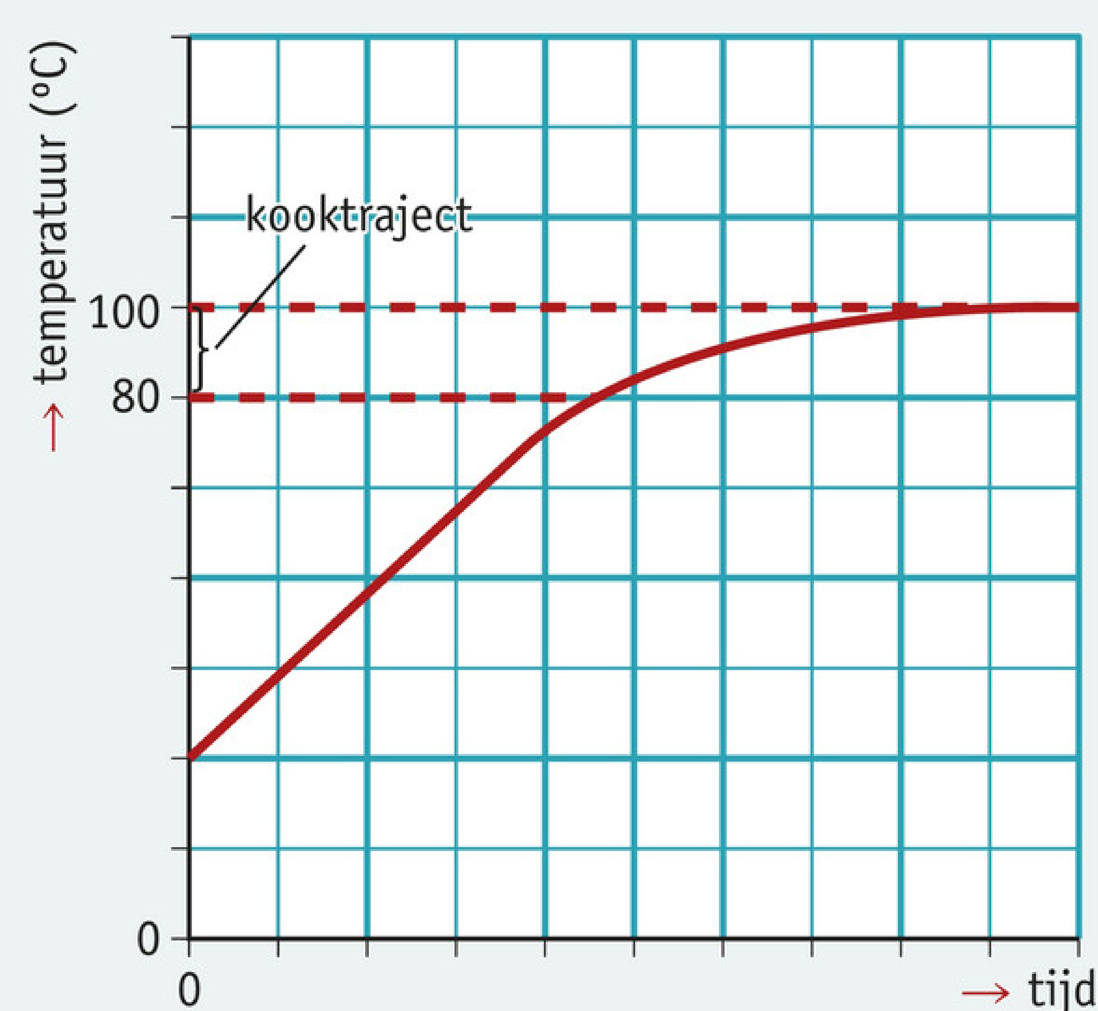
Als je wijn aan de kook brengt, zie je dat de vloeistof bij ongeveer 80 °C begint te koken. Tijdens het koken loopt de temperatuur langzaam op tot 100 °C. De temperatuur blijft dus niet steeds constant. Dat betekent dat wijn geen kookpunt heeft, zoals zuiver water (100 °C) of zuivere alcohol (78 °C).

Mengsels van vloeistoffen hebben geen kookpunt, maar een **kooktraject**. Het kooktraject van wijn loopt van 80 tot 100 °C (figuur 5). Als de wijn bij 80 °C begint te koken, verdwijnt de alcohol het eerst uit de vloeistof. Later, als de temperatuur in de richting van 100 °C gaat, verdampt er steeds meer water. De alcohol is dan al grotendeels uit de vloeistof verdwenen.

figuur 5 Wijn heeft een kooktraject.



het kookpunt van water



het kooktraject van wijn


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

Het smeltpunt van ijs is .... °C.

2 Als de grafieklijn in een temperatuur-tijddiagram schuin omhoog loopt, geeft dat aan:

- ○ A dat de stof aan het koken is.
- ○ B dat de stof aan het smelten is.
- ○ C dat de temperatuur van de stof afneemt.
- ○ D dat de temperatuur van de stof toeneemt.

3 Camilla verwarmt een bekerglas met de zuivere stof stearine. Op een gegeven moment begint de stearine te smelten.
Wat gebeurt er met de temperatuur van stearine tijdens het smelten?

○ A De temperatuur neemt snel af.
○ B De temperatuur neemt langzaam af.
○ C De temperatuur blijft gelijk.
○ D De temperatuur neemt langzaam toe.
○ E De temperatuur neemt snel toe.

4 Het kookpunt van ether is bij normale omstandigheden 35 °C.
Wat is het kookpunt van ether als de luchtdruk veel hoger is dan normaal?

○ A Het kookpunt is dan lager dan 35 °C.
○ B Het kookpunt blijft dan 35 °C.
○ C Het kookpunt is dan hoger dan 35 °C.

5 Vul in.

a De meeste stoffen komen voor in drie verschillende fasen: als .... stof, als .... en als ....

b De temperatuur waarbij een zuivere stof smelt, noem je het .... van de stof.

c Als een vloeistof kookt, ... de vloeistof niet alleen aan het vloeistofoppervlak, maar ....

d De hoogte van het kookpunt van een stof is afhankelijk van de ....

TOEPASSING

6 Gebruik *BINAS* tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen* en tabel 16 *Gegevens van enkele vloeistoffen*.
In tabel 3 staan enkele stoffen.

a Zoek de smeltpunten van deze stoffen op in *BINAS*. Noteer de smeltpunten in kelvin in de tweede kolom van tabel 3.

b Reken de smeltpunten om van K naar °C. Noteer de smeltpunten in °C in de derde kolom van tabel 3.

c Welke vier stoffen in tabel 3 zijn vloeibaar bij 20 °C?

....

d Welke vier stoffen in tabel 3 zijn vast bij 20 °C?

....

tabel 3 Het smeltpunt van een aantal stoffen.

stof	smeltpunt (K)	smeltpunt (°C)
alcohol		
aluminium		
lood		
paraffine		
petroleum		
suiker		
ijs		
zwavelzuur		



Meer oefening nodig met het *Omrekenen van temperaturen*?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 2 Smeltpunt en kookpunt.

7

In tabel 4 staan de smeltpunten en kookpunten van acht stoffen.

a Welke van deze stoffen kun je bij kamertemperatuur en gewone druk tegenkomen als vaste stof?
alcohol / ammoniak / fosfor / ijzer / kwik / methaan / stikstof / terpentijn

b Welke van deze stoffen kun je bij kamertemperatuur en gewone druk tegenkomen als vloeistof?
alcohol / ammoniak / fosfor / ijzer / kwik / methaan / stikstof / terpentijn

c Welke van deze stoffen kun je bij kamertemperatuur en gewone druk alleen tegenkomen als gas?
alcohol / ammoniak / fosfor / ijzer / kwik / methaan / stikstof / terpentijn

tabel 4 Smeltpunten en kookpunten van acht stoffen.

stof	smeltpunt (°C)	kookpunt (°C)
alcohol	−114	78
ammoniak	−78	−33
fosfor (wit)	44	227
ijzer	1538	2750
kwik	−39	358
methaan	−182	−161
stikstof	−210	−196
terpentijn	−10	180

★ 8  Mette doet een proef met een zuivere stof. Ze verwarmt de stof en meet ondertussen regelmatig de temperatuur. Op een gegeven moment begint de stof te smelten. Als alle stof is gesmolten, meet Mette nog twee keer de temperatuur. Daarna stopt ze met verwarmen. In tabel 5 zie je Mettes meetresultaten.

a Teken in figuur 6 de grafiek van deze proef.

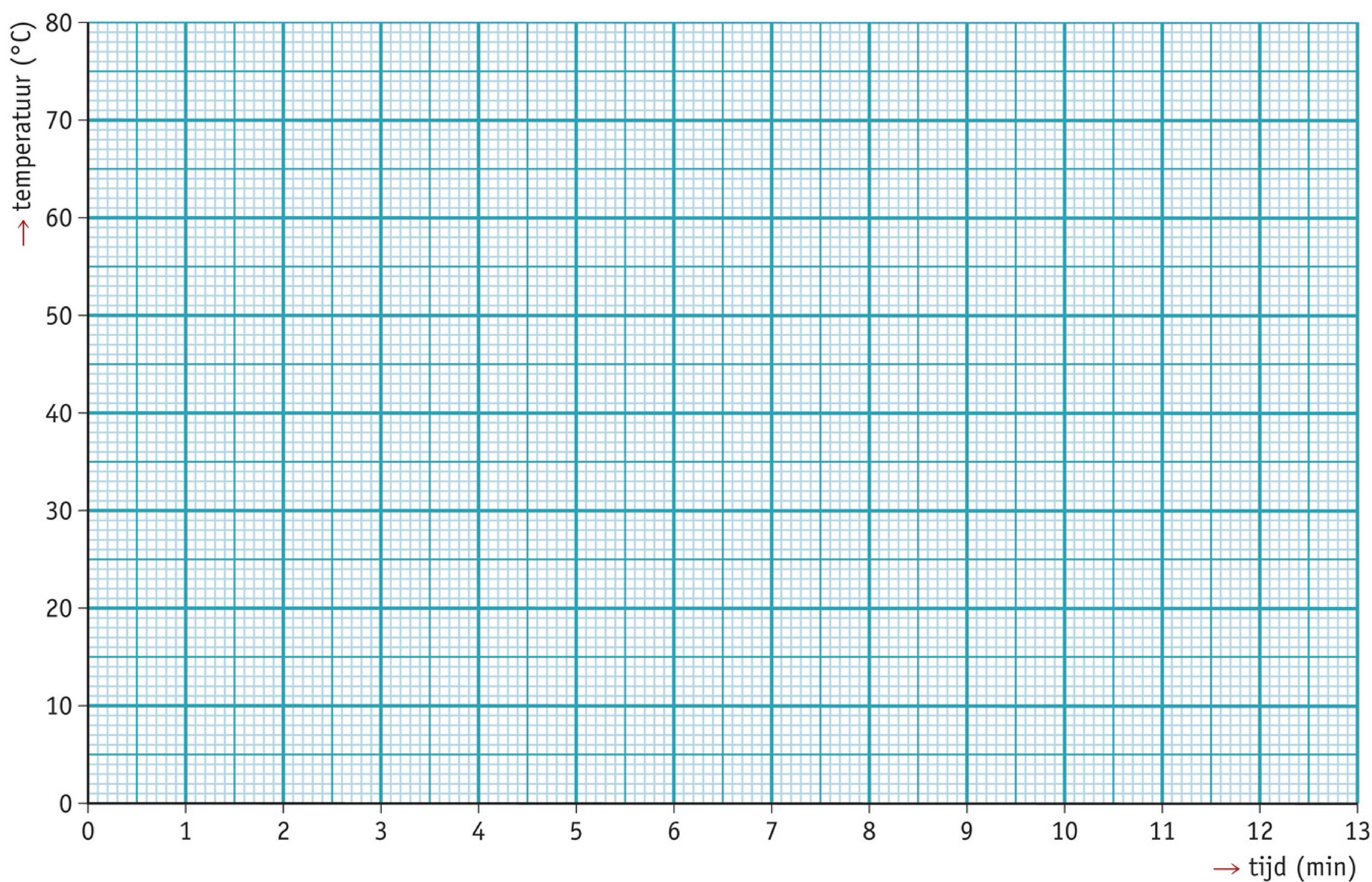
b Hoe hoog is het smeltpunt van de stof in Mettes proef? .... °C

c Zoek in *BINAS* tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen* op welke stof Mette heeft gesmolten.

....

tabel 5 De meetresultaten van Mette.

tijd (min)	temperatuur (°C)
0	21
1	25
2	30
3	36
4	41
5	46
6	51
7	52
8	52
9	52
10	52
11	65
12	78



figuur 6 temperatuur-tijddiagram van Mettes proef.

9 Tijdens een practicum krijgen vier leerlingen een reageerbuis met 15 gram vaste stof. Ze laten de stof eerst smelten en daarna weer stollen. Ondertussen houden ze het temperatuurverloop bij. In figuur 7 zie je een deel van de vier temperatuur-tijddiagrammen die de leerlingen van deze proef hebben gemaakt.

a Bepaal het smeltpunt van de stof die Emma heeft gebruikt. .... °C

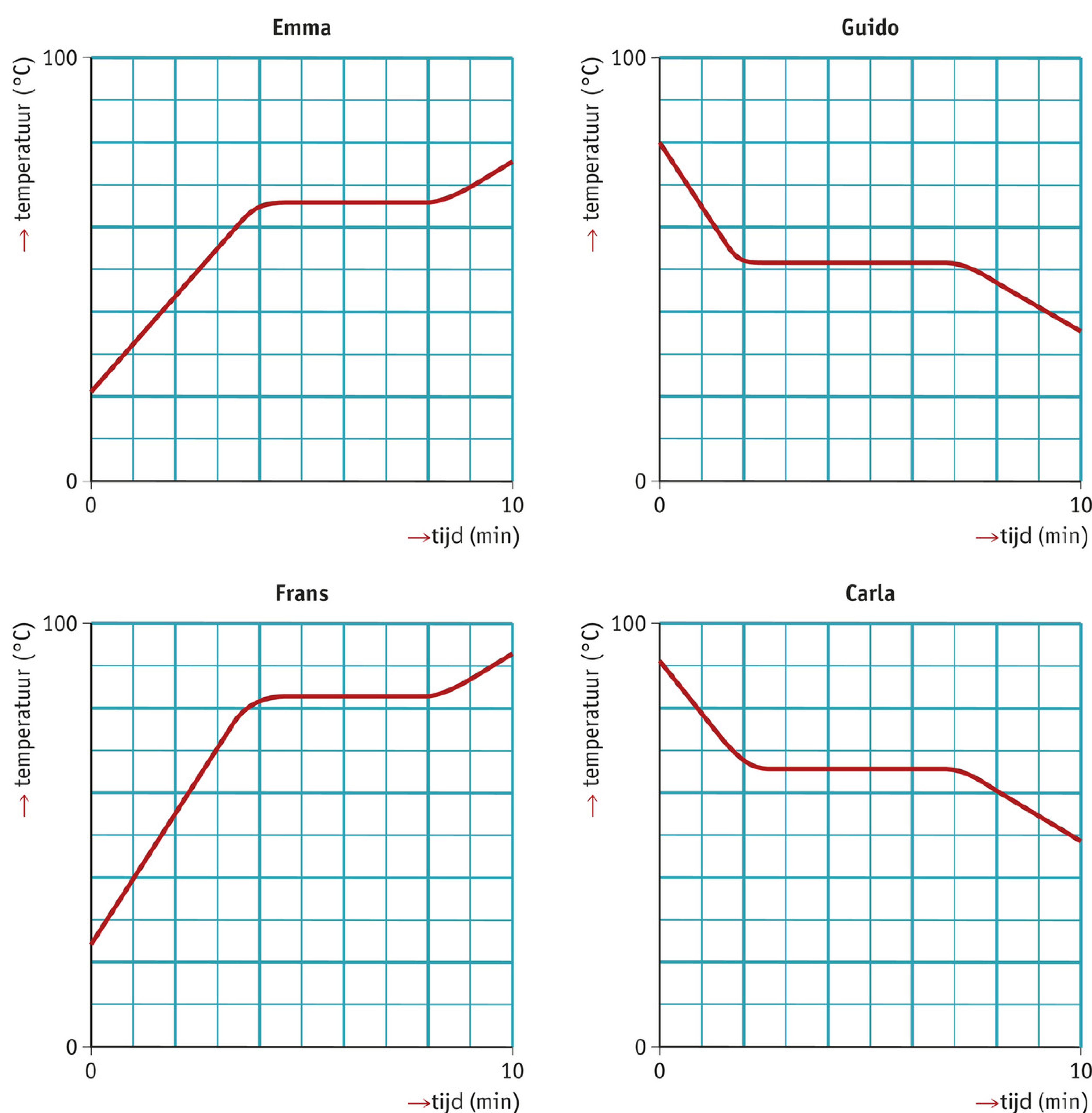
b Welke leerling(en) zou(den) met dezelfde stof gewerkt kunnen hebben als Emma? Licht je antwoord toe.

....

....

....

....



figuur 7 Vier temperatuur-tijddiagrammen.

★ 10 In figuur 8 zie je hoe het kookpunt van water afhangt van de luchtdruk.
Noteer bij welke temperatuur water kookt:

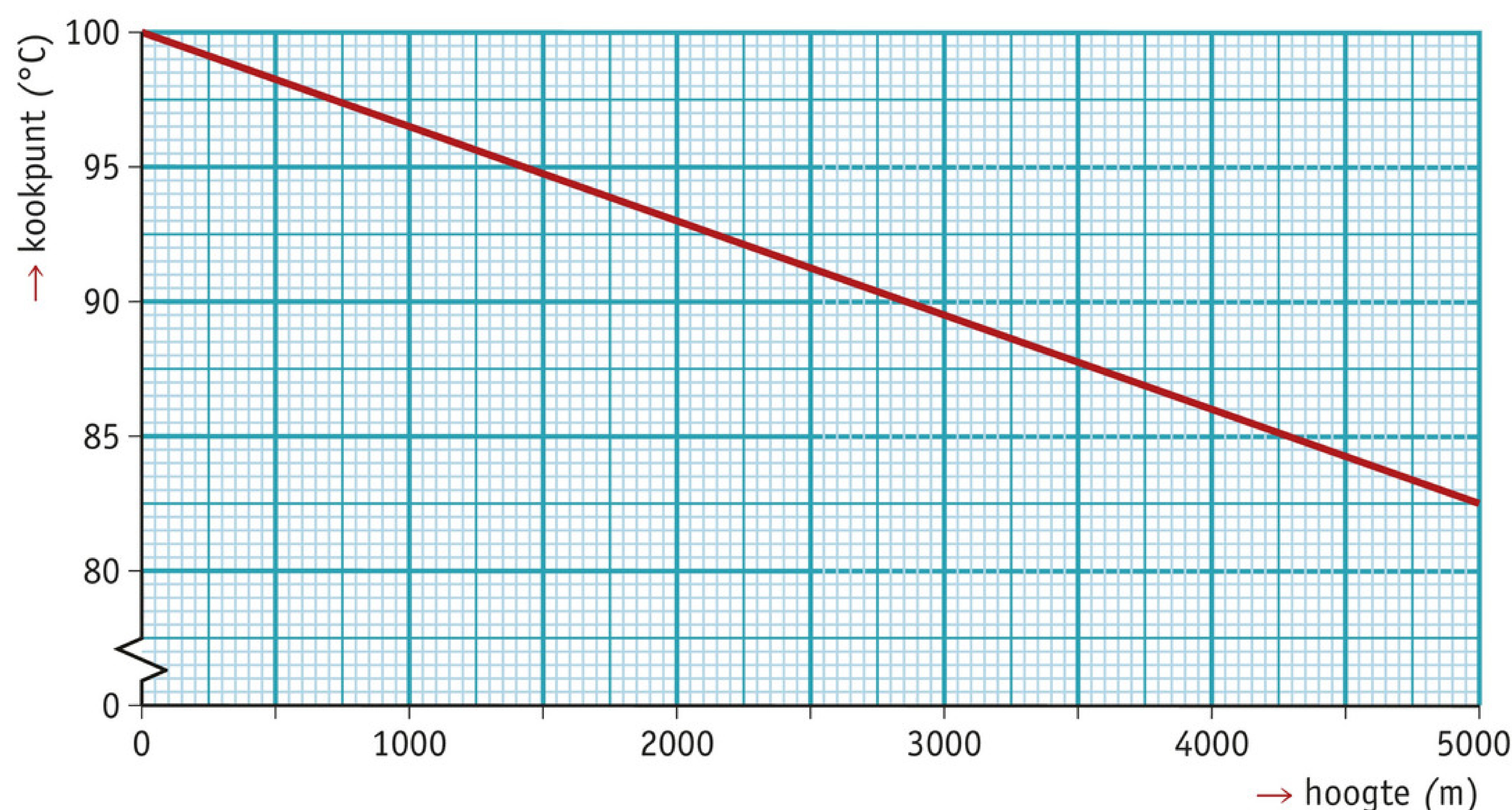
a op het Drielandenpunt, het hoogste punt van Nederland (323 m). .... °C

b op het Signal de Botrange, het hoogste punt van België (694 m). .... °C

c op de top van Ben Nevis, de hoogste berg van Schotland (1344 m). .... °C

d in La Paz, de meest hooggelegen hoofdstad ter wereld (3660 m). .... °C

e op de top van de Mont Blanc, het hoogste punt van West-Europa (4808 m). .... °C



figuur 8 Het verband tussen de hoogte en het kookpunt van water.

EXTRA HET KOOKTRAJECT VAN EEN MENGSEL

11 Op de fles wasbenzine in figuur 9 staat: ‘100/140’.
Deze getallen geven het kooktraject in °C van de wasbenzine aan.

a Als je wasbenzine verwarmt, begint de benzine na enkele minuten te koken.
Wat geeft een thermometer aan die je op dat moment in de wasbenzine houdt? .... °C

b Wat geeft de thermometer aan als bijna alle wasbenzine is verdampt? .... °C

c Het bepalen van het kooktraject van wasbenzine is niet moeilijk. Toch voer je deze proef nooit op school uit.
Noteer twee redenen waarom deze proef niet op school mag worden gedaan.

WASBENZINE / Kookpunt benzine 100/140
EC (EINECS) № 265-151-9 / CAS № 64742-49-0

- Verfverdunningsmiddel voor synthetische autolakken. Voor het verwijderen van vlekken.
- Aardoliedestillaat.
- Giftig voor in het water levende organismen; kan in het aquatisch milieu op lange termijn schadelijke effecten veroorzaken.
- Schadelijk: kan longschade veroorzaken na verslikken.
- Buiten bereik van kinderen bewaren.
- Op een goed geventileerde plaats bewaren.
- Verwijderd houden van ontstekingsbronnen - Niet roken.
- Damp niet inademen.
- Aanraking met de huid vermijden.
- Afval niet in de gootsteen werpen.
- Bij inslikken niet het braken opwekken: direct een arts raadplegen en de verpakking of het etiket tonen.

figuur 9 Etiket op een fles wasbenzine.

....

....

....

....

12 Orhan smelt een hoeveelheid bijenwas in een reageerbuis. Ondertussen meet hij de temperatuur. In tabel 6 zie je zijn meetresultaten.

a Teken in figuur 10 de grafiek van de proef van Orhan.

b Na hoeveel minuten begint de bijenwas te smelten? na .... minuten

c Hoe hoog is dan de temperatuur? .... °C

d Na hoeveel minuten is alle bijenwas gesmolten? na .... minuten

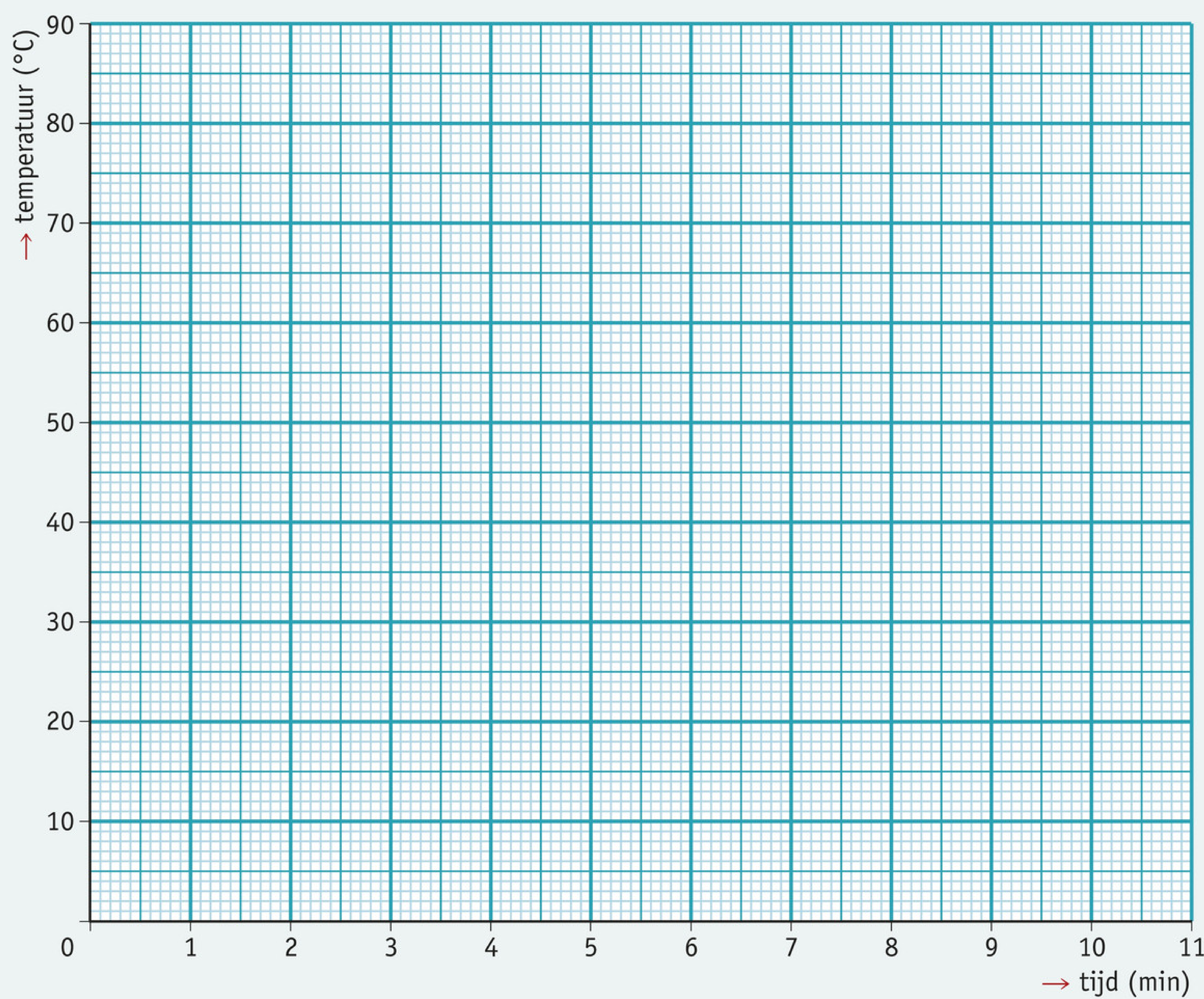
e Hoe hoog is dan de temperatuur? .... °C

f Is bijenwas een zuivere stof of een mengsel? Waaraan zie je dat?

....

....

....



figuur 10 De proef van Orhan.

tabel 6 De meetresultaten van Orhan.

tijd (min)	temperatuur (°C)
0	20
1	31
2	40
3	43
4	46
5	49
6	51
7	54
8	57
9	60
10	71
11	83

3 Veilig werken met stoffen

LEERDOELEN

4.3.1 Je kunt zeven gevaren beschrijven die stoffen voor mensen kunnen opleveren.
4.3.2 Je kunt de informatie toelichten die je op etiketten en veiligheidskaarten tegenkomt.
4.3.3 Je kunt de betekenis uitleggen van de pictogrammen op etiketten van gevaarlijke stoffen.
4.3.4 Je kunt de regels noemen die gelden als je met gevaarlijke stoffen werkt.
4.3.5 Je kunt uitleggen hoe je voorkomt dat schadelijke stoffen in het milieu terechtkomen.
EXTRA 4.3.6 Je kunt de eigenschappen en de gevaren van het metaal lood benoemen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	4.3.1	4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.3.6
Onthouden	1, 2, 5, 6ab	3, 4, 7abc	12a	7d	13ab	14ac
Begrijpen		8c	8a	12c		15abc
Toepassen	11b	8b, 9	11a			14bd, 15d
Analyseren	12b	10abc				

Op een fles accuzuur staat de waarschuwing dat de inhoud ‘bijtend’ is. Wat wordt daarmee bedoeld?

GEVAARLIJKE STOFFEN

In het huishouden gebruik je allerlei stoffen die gevaarlijk kunnen zijn. Sommige stoffen zijn **ontvlambaar**: ze kunnen gemakkelijk in brand vliegen. Voorbeelden zijn haarlak en wasbenzine. Andere stoffen zijn **irriterend**: ze kunnen huidontstekingen en oogbeschadigingen veroorzaken. Voorbeelden zijn ammonia en ovenreiniger (figuur 1).

WAARSCHUWING

Onderstaande aanwijzingen goed lezen en stipt opvolgen.
- Buiten bereik van kinderen bewaren.
- Prikkelend voor de ogen en de huid (gebruik van huidhoudhandschoenen gewenst).
- Na aanraking met de huid onmiddellijk wassen met veel water.
- Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen.
- Houder onder druk.
- Beschermen tegen de zon en niet blootstellen aan hogere temperatuur dan 50 °C.
- Ook na gebruik niet doorboren of verbranden.

figuur 1 Deze waarschuwing staat op een spuitbus met ovenreiniger.

Veel van de stoffen die je thuis gebruikt, zijn gevaarlijk als je ze inslikt. Zelf zul je niet zo gauw een slok afwasmiddel of een hap soda nemen. Kleine kinderen doen dat misschien wel. Daarom moet je schoonmaakmiddelen en medicijnen opbergen op een plaats waar kleine kinderen niet bij kunnen.

Ook al ben je nog zo voorzichtig, toch kan het gebeuren dat een kind een giftige stof binnenkrijgt. Daarvoor bestaat de **gifwijzer**: een boekje en een app met informatie over giftige stoffen en planten (figuur 2). In de gifwijzer staat hoe je eerste hulp kunt geven als een kind iets giftigs heeft ingeslikt.



figuur 2 Een screenshot van de gifwijzer-app.

INFORMATIE OP ETIKETTEN

Op de verpakking van een gevaarlijke stof hoort een duidelijk etiket te staan (figuur 3). Dat staat in de wet. Je ziet zulke etiketten niet alleen bij stoffen waar je thuis mee werkt. Je komt ze ook tegen op de potjes en flessen in het natuur- en scheikundelokaal. De overheid heeft regels gemaakt voor de informatie op het etiket.

gevaarsymbool met bijschrift: Ontvlambaar, Schadelijk

STRIJKVLUG — stof- of handelsnaam

bevat: loodchromaat — chemische naam

CHEMCIO bv
Lasstraat 9
9876 AB Middel
Nederland — leverancier

H-zin — Gevaar voor cumulatieve effecten.

P-zin — Buiten bereik van kinderen bewaren.
In goed gesloten verpakking bewaren.
Verwijderd houden van ontstekingsbronnen – niet roken.
In geval van inslikken onmiddellijk een arts raadplegen en verpakking met tekst tonen.

figuur 3 De veiligheidsinformatie op een etiket.

Om te beginnen moet er op het etiket staan om welke stof het gaat. Bij een oplossing wordt ook de **concentratie** van de stof vermeld. Op een fles met 1 liter schoonmaakazijn kun je bijvoorbeeld lezen dat de concentratie tien volumeprocent is. Dat betekent dat de oplossing 100 mL azijnzuur bevat (10% van 1 liter is 100 mL). De overige 900 mL is water.

De informatie over de concentratie wordt niet zomaar vermeld. Hoe hoger de concentratie, des te groter is het gevaar. Met geconcentreerd azijnzuur (95%) moet je bijvoorbeeld erg voorzichtig zijn. Met schoonmaakazijn (8%) kan weinig misgaan, terwijl je huishoudazijn (4%) zelfs op de sla kunt doen.

Op etiketten worden gevaren aangegeven met een **pictogram** (figuur 4). Zo'n pictogram noem je ook wel een **gevarensymbool**. Verder kun je op het etiket H- en P-zinnen tegenkomen. De H staat voor *Hazard* = gevaar. Een **H-zin** geeft dus aan voor welk gevaar je moet oppassen. De P staat voor *Precaution* = voorzorgsmaatregel. Een **P-zin** geeft aan welke voorzorgsmaatregelen je moet nemen als je met een stof gaat werken.



figuur 4 Acht gevarensymbolen en hun betekenis.

Op een etiket past niet veel informatie. Daarom wordt er voor elke gevaarlijke stof ook een **veiligheidskaart** gemaakt. Op zo'n kaart kun je lezen wat de gevaren zijn en welke veiligheidsmaatregelen je moet nemen. Ook staat erop wat je bij een ongeluk moet doen.

VEILIG WERKEN

Er zijn allerlei regels voor het werken met gevaarlijke stoffen. Als je op school met bijtende stoffen werkt, moet je een veiligheidsbril opzetten, plastic handschoenen dragen en een laboratoriumjas aantrekken. Als je met ontvlambare stoffen werkt, moet je zorgen voor goede ventilatie en uit de buurt blijven van open vuur.

Ook als je thuis met stoffen werkt, moet je voorzichtig zijn. Je moet bijvoorbeeld nooit zomaar allerlei schoonmaakmiddelen mengen. De kans bestaat dat er dan giftige gassen vrijkomen (figuur 5). Op sommige schoonmaakmiddelen staat daarom het pictogram: niet mengen!

figuur 5 Ook schoonmaakmiddelen kunnen gevaarlijk zijn.

ONGELUK MET SCHOONMAAKMIDDELEN

Een 42-jarige vrouw is met ernstige ademhalingsmoeilijkheden opgenomen in ziekenhuis 'De Maaslanden'. De vrouw had voor het schoonmaken van het toilet een bleekmiddel gebruikt in combinatie met een wc-reiniger. Er ontstond een reactie waarbij het uiterst giftige chloorgas vrijkwam.

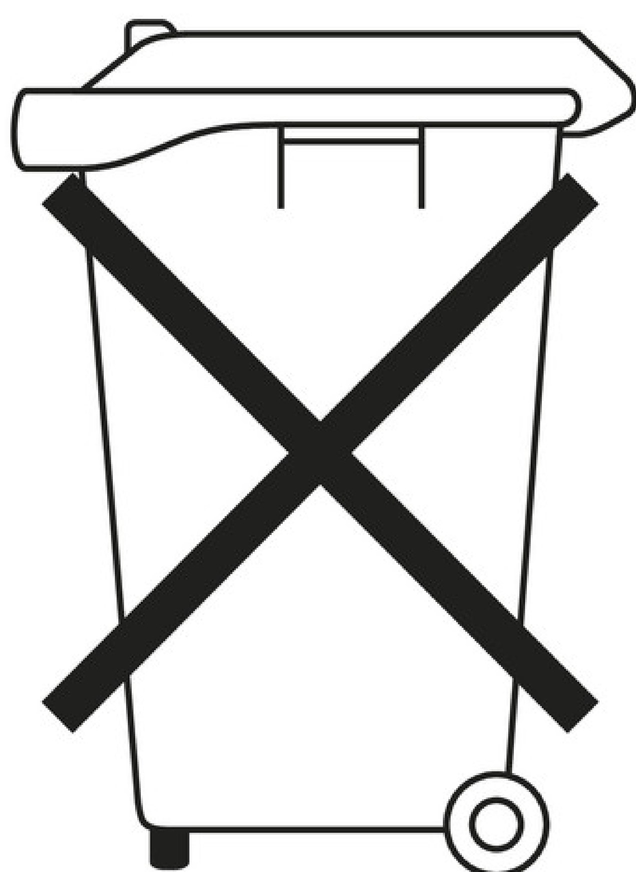


MILIEUBEWUST WERKEN

Veel stoffen die je thuis of op school gebruikt, zijn schadelijk. Ze mogen niet in het milieu terechtkomen. Dat betekent dat je ze niet door de gootsteen spoelt, maar apart opbergt en inlevert.

Op school zal je leraar je vertellen wat je na een proef met deze stoffen moet doen. Sommige stoffen worden gezuiverd, zodat andere leerlingen ze opnieuw kunnen gebruiken (recycling). Andere stoffen worden behandeld als chemisch afval.

Sommige stoffen die je thuis gebruikt, horen bij het **klein chemisch afval** (kca). Deze stoffen worden apart van het overige afval opgehaald en verwerkt. Op de verpakkingen van deze stoffen is een speciaal symbool aangebracht (figuur 6).



figuur 6 Dit pictogram betekent: behandelen als klein chemisch afval.

EXTRA LOOD

Lood is al eeuwenlang een veelgebruikt metaal. Het wordt nog steeds toegepast in de woningbouw voor het afsluiten van naden. De aansluiting tussen een dak en een schoorsteen wordt bijvoorbeeld waterdicht gemaakt met behulp van een loodslab (figuur 7). Lood is heel geschikt voor het afdichten van naden, omdat het gemakkelijk te vervormen is en goed bestand is tegen vocht.



figuur 7 De aansluiting tussen schoorsteen en dak is afgedicht met een loodslab.

Het probleem met lood is dat het giftig is, vooral voor kleine kinderen. Als kinderen te veel lood binnenkrijgen, ontwikkelen hun hersenen zich minder goed. Bij volwassenen kan lood problemen met de hart- en bloedvaten en met de nieren veroorzaken. Daarom moeten allerlei producten waar vroeger lood in zat, nu loodvrij zijn. Voorbeelden zijn benzine, hagel (in de schietsport), soldeertin en witte verf.

Tot in de jaren 1950 werd lood gebruikt voor waterleidingen. In 1960 werd dat verboden, omdat er zo lood in het drinkwater terecht kan komen. Maar de al aangelegde leidingen bleven gewoon liggen. Deskundigen schatten dat meer dan 100 000 woningen in Nederland nog waterleidingen van lood hebben. Het gevolg is dat het kraanwater soms meer lood bevat dan is toegestaan.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Wat betekent het dat een stof corrosief is?

- ○ A De stof kan allerlei andere stoffen en ook je huid ernstig aantasten.
- ○ B De stof kan brandbare stoffen heviger laten branden.
- ○ C De stof kan huid en slijmvliezen irriteren, zodat ze gaan ontsteken.
- ○ D De stof kan op de lange duur gezondheidsschade veroorzaken.

2 Veel stoffen die je in het huishouden gebruikt, zijn gevaarlijk als je ze inslikt.
Welke voorzorgsmaatregel moet je daarom nemen?

- ○ A Deze stoffen moet je in een aanrechtkast opbergen.
- ○ B Deze stoffen moet je goed zichtbaar opbergen, zodat je het etiket altijd kunt zien.
- ○ C Deze stoffen moet je buiten bereik van kinderen opbergen.
- ○ D Deze stoffen moet je in de schuur opbergen.

3 Gevaarlijke stoffen moeten goed worden verpakt.
Welke bewering over die verpakking is juist?

- ○ A Een etiket is niet verplicht en de fabrikant bepaalt zelf wat er op het etiket staat.
- ○ B Een etiket is wettelijk verplicht, maar de fabrikant bepaalt zelf wat er op het etiket staat.
- ○ C Een etiket is wettelijk verplicht en moet voldoen aan de regels van de overheid.

4 Sommige gevaarlijke stoffen zijn oplossingen. Op het etiket moet dan de concentratie vermeld worden.
Wat wordt bedoeld met concentratie?
- ○ A de hoeveelheid opgeloste stof in de verpakking
- ○ B de hoeveelheid opgeloste stof per hoeveelheid oplosmiddel
- ○ C de hoeveelheid oplosmiddel waarin de stof is opgelost
- ○ D de hoeveelheid vloeistof in de verpakking

5 Koppel de zinnen aan de juiste woorden.

A Een stof die je ogen en je huid ernstig aantast, is	○	○	1 irriterend
B Een stof die al door een klein vonkje in brand kan vliegen, is	○	○	2 brandbevorderend
C Een stof die brandbare stoffen heviger kan laten branden, is	○	○	3 ontvlambaar
D Een stof die je huid en je slijmvliezen sterk kan irriteren, is	○	○	4 corrosief

6 Vul in.

a Twee ontvlambare stoffen die je in het huishouden gebruikt, zijn:

....

b Twee irriterende stoffen die je in het huishouden gebruikt, zijn:

....

7 Vul in.

a In een gifwijzer kun je opzoeken wat je het best kunt doen als ....

....

b In een H-zin op een etiket staat ....

c In een P-zin op een etiket staat ....

d Als je schoonmaakmiddelen mengt, bestaat de kans dat er .... vrijkomen.

TOEPASSING

8 In figuur 8 zie je de verpakking van een gootsteenontstopper.

a Welke gevaren worden op het etiket genoemd?

....

b Op de fles zit een kindveilige sluiting.
Waarvoor dient die kindveilige sluiting?

....

....

....

c Wat moet je volgens het etiket doen als je gootsteenontstopper in je ogen krijgt?

....

....

FIXPRO
voor het ontstoppen van afvoerbuizen

NATRIUM HYDROXIDE WATERVRIJ

Veroorzaakt ernstige brandwonden. Buiten bereik van kinderen bewaren. Bij aanraking met de ogen direct met veel water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen. Draag geschikte handschoenen. Een beschermingsmiddel voor de ogen/voor het gezicht dragen. Verontreinigde kleding onmiddellijk uittrekken.

GEBRUIKSAANWIJZING:
Eventueel water boven de verstopping zoveel mogelijk verwijderen. Strooi 2 á 3 eetlepels **FIXPRO** in de afvoer, giet er voorzichtig kokend water op en met veel bruisen vedwijnt de verstopping. Is de afvoer weer open, herhaal deze behandeling en spoel als laatste met veel koud water na. Verstopping voorkomen? Strooi regelmatig **FIXPRO** in elke afvoer. **FIXPRO** lost op in water (natronloog) onder sterke warmteontwikkeling. Niet in contact brengen met aluminium, zink, glas, zuren en chloorkoolwaterstoffen. (Het beste is **FIXPRO** nooit met andere chemicaliën tegelijk te gebruiken.)

figuur 8 Etiket op een fles gootsteenontstopper.

★ 9 Op het etiket van een gevaarlijke stof vind je H-zinnen en P-zinnen. De H-zinnen omschrijven het gevaar, de P-zinnen noemen bijpassende voorzorgsmaatregelen. In figuur 9 staan vijf H-zinnen en zes P-zinnen. Vul in.

Bij H224 past P......................

Bij H240 past P......................

Bij H260 past P......................

Bij H301 passen P...................... en P......................

Bij H400 past P......................

H224	Zeer licht ontvlambare vloeistof en damp.
H240	Ontploffingsgevaar bij verwarming.
H260	In contact met water komen ontvlambare gassen vrij die spontaan kunnen ontbranden.
H301	Giftig bij inslikken.
H400	Zeer giftig voor in het water levende organismen.
P210	Verwijderd houden van warmte/vonken/ open vuur/hete oppervlakken. –Niet roken.
P223	Contact met water vermijden in verband met heftige reactie en een mogelijke wolkbrand.
P235	Koel bewaren.
P264	Na het werken met dit product handen grondig wassen.
P270	Niet eten, drinken of roken tijdens het gebruik van dit product.
P273	Voorkom lozing in het milieu.

figuur 9 H-zinnen en P-zinnen.

★ 10 Ovenreiniger is een bijtende stof om ovens schoon te maken. Op een veiligheidskaart (figuur 10) staat wat je moet doen als iemand ovenreiniger inslikt.

a Waarom zou je de persoon niet mogen laten braken? Bedenk dat zelf.

....

....

....

....

b Waarom moet je het slachtoffer laten drinken?

....

....

c Er zijn ook stoffen waarbij je het slachtoffer wel moet laten braken als hij er te veel van binnen heeft gekregen.
Welk soort stoffen kunnen dat zijn?

....

Veiligheidskaart Ovenreiniger

EERSTE HULP MAATREGELEN
- Inslikken: De mond spoelen. Laten drinken. Niet laten braken. Naar het ziekenhuis vervoeren.

figuur 10 Een gedeelte van de veiligheidskaart van ovenreiniger.

11 In 2014 bleek dat medewerkers van defensie jarenlang waren blootgesteld aan een gevaarlijke stof in verf. De stof werd in de media chroom-6 genoemd. Deze kankerverwekkende stof kan in het lichaam worden opgenomen via de poriën, de luchtwegen en de maag.

a Teken het gevarensymbool dat op blikken verf met daarin chroom-6 had moeten staan.



b Biedt een gasmasker met luchtfilter voldoende bescherming tegen 'chroom-6'? Leg uit waarom wel of niet.

Werken in een laboratorium — beroep

Paula (27 jaar) werkt al enkele jaren in een laboratorium. Hier doet ze samen met anderen onderzoek naar de invloed van gevaarlijke stoffen op het milieu. Om in het laboratorium te kunnen werken heeft Paula eerst de mbo-opleiding Allround laborant gedaan. Daarna heeft ze nog verscheidene cursussen gedaan om zich verder te specialiseren.



12 Zie de vaardigheid *Veilig werken met stoffen*.
Lees de tekst 'Werken in een laboratorium'. Paula onderzoekt het effect van het metaal kwik op het milieu. Kwik heeft een aantal bijzondere eigenschappen. Het is bijvoorbeeld het enige metaal dat bij kamertemperatuur vloeibaar is.
Je ziet een gedeelte van de veiligheidskaart van kwik (figuur 11).

a Welke tekst hoort op de plaats van de vraagtekens? ....

b Proeven met kwik moet Paula in de zuurkast doen. In de zuurkast staat de afzuiging de hele tijd aan om de kwikdampen af te voeren.
Leg uit waarom het zo belangrijk is dat de zuurkast de kwikdampen afzuigt.

....

....

....

c Noteer een voorzorgsmaatregel die Paula tijdens haar onderzoek kan nemen om aanraking met kwik te voorkomen.

....

....

....

....

KWIK	
Wijze van opname: Kwikdamp kan worden ingeademd en door de huid worden opgenomen. **Inademings risico:** Bij kamertemperatuur verdampt kwik waardoor het bij inademing zeer schadelijk is voor de gezondheid.	**VERPAKKING & ETIKETTERING** **????** **gevaarlijk voor waterrijk milieu**

figuur 11 Een gedeelte van de veiligheidskaart van kwik.

13 In een folder van de gemeentereiniging staat: kca apart inleveren bij de chemokar.

a Wat betekent de afkorting kca? ....

b Waarom moet je kca apart van het overige afval inleveren?

....

....

EXTRA LOOD

14 Welke eigenschap van lood is de reden:

a dat lood veel wordt gebruikt voor het afdichten van kieren in muren en daken?

....

....

b dat lood zo populair was in de hengelsport om er vislijnen mee te verzwaren?

....

....

c dat lood al sinds 1960 niet meer gebruikt mag worden in drinkwaterleidingen?

....

....

d dat lood zo'n prettig metaal is om mee te gieten (denk aan het woord loodgieter)?

....

....

15 Het krantenbericht in figuur 12 gaat over lood in drinkwater.

a Wanneer bevat drinkwater te veel lood volgens de norm die nu geldt?

....

....

b Leg uit of het drinkwater in gebouwen met oude leidingen aan deze norm voldoet.

....

....

....

....

c Waarom wil de Gezondheidsraad dat er een nieuwe norm voor lood wordt vastgesteld?

....

....

....

....

d Lood is schadelijk, daar is iedereen het over eens.
Waarom wordt de norm dan niet dat er helemaal geen lood in drinkwater mag zitten (dus 0 microgram per liter)?

....

....

....

....

VERHOOGDE CONCENTRATIE LOOD IN DRINKWATER ZES UTRECHTSE SCHOLEN

In het drinkwater van zes basisscholen in Utrecht is een verhoogde concentratie lood gevonden. Dat heeft de gemeente Utrecht donderdag bekendgemaakt. In een van de scholen is de te grote hoeveelheid lood aangetroffen in de leidingen van het gebouw zelf. Voorlopig mag in de zes scholen geen water meer uit de kraan worden gedronken.



Een verhoogde loodconcentratie in het water kan met name kleine kinderen en zwangere vrouwen schaden. De norm voor de maximaal toegestane inname ligt nu nog op 10 microgram per liter, maar omdat lood schadelijker blijkt dan eerder werd gedacht, moet die grens volgens de Gezondheidsraad worden aangescherpt naar 5 microgram per liter. Loodgehalten in huizen en gebouwen met oude leidingen kunnen oplopen tot 35 microgram per liter.
bron: NRC

figuur 12 Lood in drinkwater.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Chemische reacties

LEERDOELEN

4.4.1 Je kunt een aantal chemische reacties herkennen die veel in het dagelijks leven voorkomen.
4.4.2 Je kunt toelichten dat bij een chemische reactie zowel stoffen verdwijnen als stoffen ontstaan.
4.4.3 Je kunt aan de hand van een reactieschema uitleggen wat er gebeurt bij een ontledingsreactie en een verbrandingsreactie.
4.4.4 Je kunt uitleggen wat er nodig is om een verbrandingsreactie op gang te brengen.
4.4.5 Je kunt beschrijven hoe corrosie verloopt bij ijzer en bij andere veelgebruikte metalen.
EXTRA 4.4.6 Je kunt de voordelen benoemen van het gebruik van waterstof als brandstof.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	4.4.1	4.4.2	4.4.3	4.4.4	4.4.5	4.4.6
Onthouden	1, 2, 3, 5, 6d	2, 6a	4ab, 6b	6c		14c
Begrijpen	7abcdefgh, 8d		9ab	11b		14d
Toepassen			10a	10b, 11d	12abc	13abcd, 14b
Analyseren				11c, 11e		14a

Rond oud en nieuw wordt er op sommige plaatsen aan melkbusschieten gedaan. Weet jij wat er explodeert in zo'n melkbus?

VOORBEELDEN VAN REACTIES

Op school en thuis kun je allerlei chemische reacties waarnemen. Soms zijn die reacties gewenst: je wilt dat er een chemische reactie optreedt. Dat is bijvoorbeeld het geval:

- als je beton na het storten laat uitharden;
- als je bakpoeder gebruikt om een cake te laten rijzen;
- als je een koffiezetapparaat ontkalkt met een scheut huishoudazijn.

Maar er zijn ook ongewenste chemische reacties, bijvoorbeeld:

- het roesten van een fiets die dag en nacht buiten staat (figuur 1);
- het aanbranden van een stokbrood dat te lang in de oven ligt;
- het ontstaan van chloor als je bleekwater en wc-reiniger mengt.



figuur 1 Roesten: een ongewenste chemische reactie.

REACTIESCHEMA'S

Bij elke **chemische reactie** verdwijnt minstens één stof, terwijl er tegelijk één of meerdere nieuwe stoffen ontstaan. Als je aardgas verbrandt, verdwijnen methaan (het belangrijkste bestanddeel van aardgas) en zuurstof. Daarvoor in de plaats ontstaan koolstofdioxide en waterdamp.

Je kunt een reactie weergeven in een **reactieschema**. In zo'n schema zet je achtereenvolgens:

- de stoffen die verdwijnen;
- een pijl;
- de stoffen die ontstaan.

Het reactieschema van de verbranding van aardgas (methaan) ziet er dan zo uit:


methaan + zuurstof ⟶ koolstofdioxide + water

Bij het melkbusschieten heb je te maken met twee reacties. Eerst leg je calciumcarbide (gewone naam: carbid) in een melkbus. Als je carbid natmaakt, ontstaat het gas ethyn (of acetyleen):


calciumcarbide + water ⟶ ethyn + calciumhydroxide

Calciumhydroxide doet verder niet meer mee in de reactie. Ethyn vormt met lucht een explosief mengsel. Als je het aansteekt, reageert het zeer snel:


ethyn + zuurstof ⟶ koolstofdioxide + water

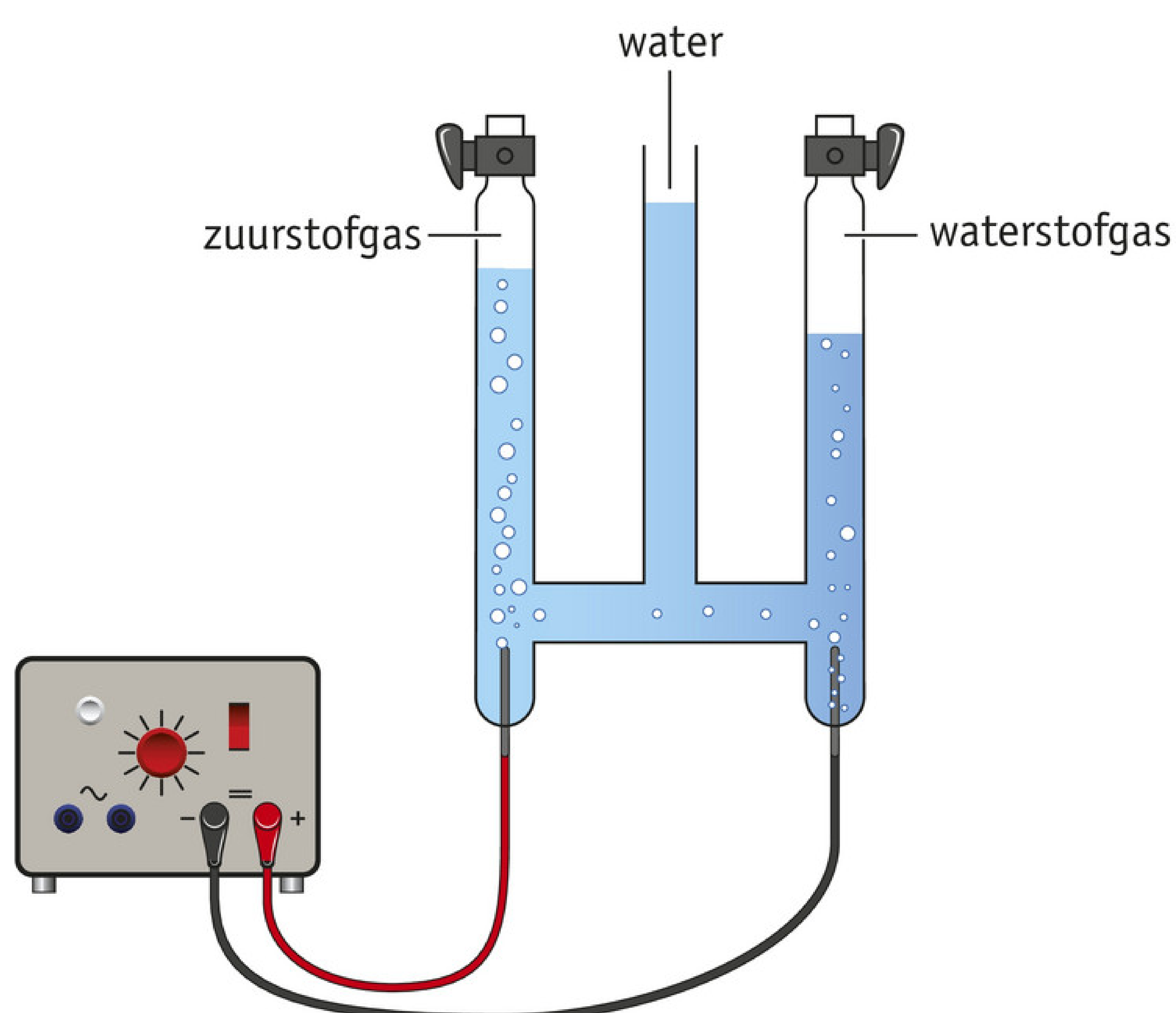
Bij deze reactie komt in korte tijd veel warmte vrij. Het resultaat is een explosie, waarbij het deksel van de melkbus meters ver wordt weggeschoten (figuur 2).



figuur 2 Carbidschieten kan ook met iets groters dan een melkbus.

ONTLEDEN

Als je een elektrische stroom door water laat lopen, ontleedt het water (figuur 3). Dat betekent dat het water langzaam verdwijnt. Daarvoor in de plaats ontstaan zuurstof en waterstof. Je ziet deze gassen als belletjes in het water omhooggaan.



figuur 3 Water ontleden met het toestel van Hofmann.

Het **ontleden** van water is een chemische reactie. Het reactieschema is:



water ⟶ waterstof + zuurstof

Let erop dat er maar één stof voor de pijl staat. Dat is zo bij elke **ontledingsreactie**.

CHEMISCHE REACTIES IN DE KEUKEN

PROEF 3+4 Veel stoffen ontleden onder invloed van warmte. Dat zie je en ruik je bijvoorbeeld als je suiker verhit in een pannetje. Als de temperatuur gestegen is tot 200 à 220 °C, begint de suiker te reageren. Het resultaat is karamel: een bruine stof met een kenmerkende geur en smaak. Karamel wordt gebruikt als kleur- en smaakstof in allerlei gerechten en dranken (figuur 4).



figuur 4 Een leerling-kok maakt karamel voor crème brûlée, een Frans nagerecht.

Bij de bereiding van voedsel kom je allerlei ontledingsreacties tegen. De bruine kleur van broodkorst ontstaat bijvoorbeeld door de ontleding van zetmeel in het brooddeeg, gevolgd door andere reacties (figuur 5). Koffiebonen krijgen hun kenmerkende kleur, geur en smaak als ze worden gebrand. Ook daarbij spelen ontledingsreacties een belangrijke rol.

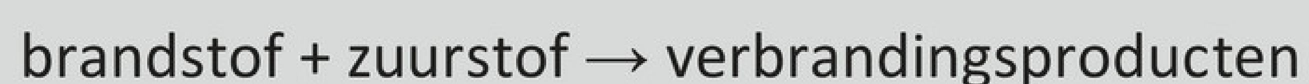


figuur 5 De korst dankt zijn bruine kleur aan de ontleding van zetmeel.

Chemische reacties dragen er ook aan bij dat voedsel gaar wordt. Als je een ei kookt, veranderen de stoffen in het ei. Het vloeibare en doorzichtige eiwit wordt vast en helder wit, en ook het vloeibare eigeel wordt hard. Als je een aardappel kookt, verandert hij van kleur en wordt zacht. Een rauwe aardappel is niet goed verteerbaar, terwijl een gare aardappel uitstekend is te eten.

VERBRANDEN

Veel stoffen kunnen reageren met zuurstof uit de lucht. Als dat snel en met vlammen gebeurt, zeg je dat ze **verbranden**. Het reactieschema van een verbranding heeft de volgende vorm:



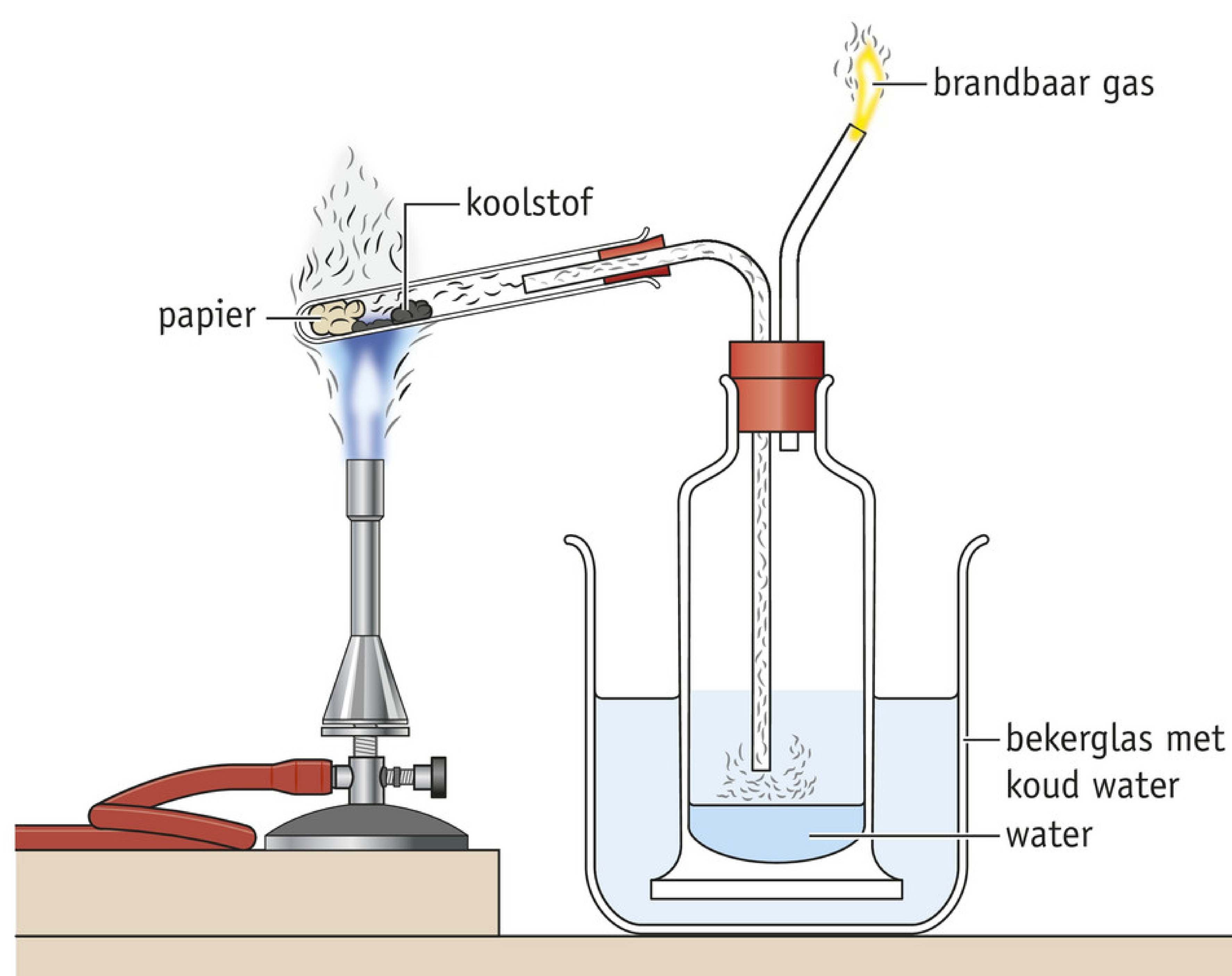
brandstof + zuurstof → verbrandingsproducten

Om een **verbrandingsreactie** op gang te brengen, zijn drie dingen nodig:

- een brandbare stof;
- voldoende zuurstof;
- een temperatuur die hoog genoeg is.

De temperatuur waarbij een stof begint te branden, is voor elke stof verschillend. Ontvlambare stoffen ontbranden al bij een lage temperatuur.

Stoffen verbranden op verschillende manieren. Een gasvormige brandstof zoals aardgas kun je direct mengen met lucht en aansteken. Een vloeibare brandstof zoals benzine moet je eerst laten verdampen. De damp kun je aansteken, de vloeistof zelf niet. Een vaste brandstof zoals hout of papier moet je eerst verhitten, zodat de stof gaat ontleden. De gassen die daarbij ontstaan, kun je in brand steken (figuur 6).



figuur 6 Bij de ontleding van papier komt een brandbaar gas vrij.

CORROSIE

Veel metalen worden aangetast door stoffen in de lucht. Die aantasting heet **corrosie**. IJzer reageert bijvoorbeeld met zuurstof en water uit de lucht. De roodbruine stof die bij deze reactie ontstaat, noem je **roest**. Roest vormt een korstje op het ijzeroppervlak. Dat korstje is poreus en laat lucht en water gewoon door. Daardoor wordt het ijzer onder de roest ook aangetast. IJzer roest dan ook na verloop van tijd helemaal door.



figuur 7 Aluminium wordt beschermd door een dun, maar ondoordringbaar laagje corrosie.

Op veel metalen vormt zich een corrosielaagje dat niet poreus is. Zo'n corrosielaagje beschermt het onderliggende metaal tegen verdere aantasting. Dat zie je bijvoorbeeld bij aluminium, chroom, lood, zink en nikkel (figuur 7). Er zijn ook metalen die niet gevoelig zijn voor corrosie. Goud en zilver zijn de bekendste voorbeelden. Ze worden ook wel edelmetalen genoemd.

EXTRA WATERSTOF

Het gas waterstof, dat bij de ontleding van water ontstaat, is heel brandbaar. Als je het aansteekt, reageert het met zuurstof in de lucht:



waterstof + zuurstof ⟶ water

Bij deze reactie ontstaan geen schadelijke verbrandingsproducten, alleen onschadelijke waterdamp. Dat is de reden dat waterstof vaak wordt genoemd als dé schone brandstof van de toekomst. Waterstof kan duurzaam worden geproduceerd met elektrische energie uit zonnecellen of windturbines. Als al het wegverkeer op waterstof zou overstappen, zou de milieuvervuiling sterk afnemen. Daarom wordt er veel onderzoek gedaan naar manieren om waterstof te produceren, op te slaan en te vervoeren. Er zijn al auto's, vrachtwagens en bussen die op waterstof rijden (figuur 8).



figuur 8 Deze bus rijdt op waterstof (*hydrogen* is het Engelse woord voor waterstof).



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Wat is het reactieschema voor de verbranding van aardgas?

- ○ A methaan ⟶ koolstof + water
- ○ B methaan + stikstof ⟶ koolstofdioxide
- ○ C methaan + zuurstof ⟶ koolstofdioxide + water
- ○ D methaan + zuurstof ⟶ koolstof + waterstof

2 Welk proces is geen chemische reactie?
- ○ A het bevriezen van water
- ○ B het ontleden van water
- ○ C het uitharden van beton
- ○ D het verbranden van methaan

3 Bij het ontleden van water ontstaan twee stoffen.
Welke stoffen zijn dat?
- ○ A stikstof en waterstof
- ○ B stikstof en zuurstof
- ○ C waterstof en koolstofdioxide
- ○ D waterstof en zuurstof

4 Je kunt water ontleden met elektrische stroom.

a Welke fase heeft het water voor het ontleden?
- ○ A gasvormige fase
- ○ B vaste fase
- ○ C vloeibare fase

b Welke fase hebben de stoffen die na het ontleden van water ontstaan?
- ○ A gasvormige fase
- ○ B vaste fase
- ○ C vloeibare fase

5 Een ijzeren voorwerp kan door corrosie doorroesten. Bij chroom gebeurt dat niet.
Wat is het verschil tussen corrosie bij ijzer en corrosie bij chroom?
- ○ A Bij chroom is geen corrosie mogelijk.
- ○ B Bij ijzer is het corrosielaagje poreus, bij chroom niet.
- ○ C De corrosie van ijzer begint binnen in het voorwerp, bij chroom begint het aan de buitenkant.
- ○ D IJzer reageert met zuurstof en water, chroom niet.

6 Vul in.

a Bij elke chemische .... verdwijnt er minstens één stof.

Er .... ook minstens één stof.

b Als een stof snel en met vlammen reageert met .... uit de lucht, zeg je dat die stof verbrandt.

c Welke drie dingen zijn nodig om een verbrandingsreactie op gang te brengen?

....

....

....

d Veel metalen worden aangetast door stoffen in de lucht, zoals ....

en water. Dit heet ....

TOEPASSING

7 Bekijk de acht processen uit het dagelijks leven.
Geef bij elk proces aan of het gaat om een natuurkundig proces (faseovergang) of om een chemische reactie.

a Eiwit en eigeel stollen als je een eitje bakt in een koekenpan.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

b Stukken chocolade worden vloeibaar als je ze in een waterbad verwarmt.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

c Brillenglazen beslaan als je in de winter een warme kamer binnenkomt.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

d Brood wordt bruin als je een tosti klaarmaakt met een tosti-ijzer.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

e Balpeninkt verbleekt als je een vel papier in de felle zon laat liggen.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

f Melk die te lang buiten de koelkast blijft staan wordt zuur.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

g Wasgoed droogt als je het bij mooi weer aan een waslijn hangt.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

h Een appel wordt bruin als je hem doorsnijdt en daarna laat liggen.
natuurkundig proces / scheikundige reactie

8 Sommige soorten lijm bestaan uit twee stoffen. Die moet je voor gebruik mengen. De lijm hardt daarna uit doordat de twee componenten met elkaar reageren. In figuur 9 zie je een gebruiksaanwijzing bij zo'n soort lijm.

a Hoe worden de twee componenten in de gebruiksaanwijzing genoemd?

....

b In welke verhouding moet je de twee componenten mengen?

harder : hars = ... : ....

c Hoelang kun je de lijm na het mengen nog gebruiken? .... minuten

d Leg uit of hier sprake is van een natuurkundig proces of een chemische reactie.

....

....

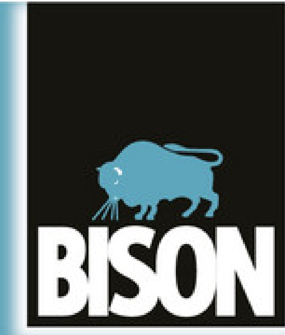
....

....

1387031 - BISON KOMBI POWER KAART 62 ML NL/FR

KOMBI POWER

UNIVERSELE POLYURETAANLIJM VOOR DE MOEILIJKSTE VERBINDINGEN





PRODUCT OMSCHRIJVING
Universele2-componenten polyurethaanlijm, voor de moeilijkste verbindingen.

Mengverhouding: 1 vol. deel verharder op 4 vol. delen hars
Verbruik: 0.15 m^2 - 0.30 m^2 / 65 ml, afhankelijk van de ondergrond en of de te lijmen materialen geheel of dotsgewijs worden ingesmeerd.
Gebruiksaanwijzing:
De lijm bestaat uit 2 componenten: Hars en Harder. Druk uit beide tubes voorzichtig 2 even lange strepen product. Op deze manier krijgt u precies de juiste mengverhouding Hars en Harder (4 vol. delen Hars op 1 vol. deel Harder). Beide componenten met bijgeleverd spateltje goed mengen tot een massa met een homogene kleur is ontstaan. Het lijmmengsel blijft, afhankelijk van de temperatuur en de aangemaakte hoeveelheid, ongeveer 15 minuten verwerkbaar. Het lijmmengsel éénzijdig op de ondergrond of het te lijmen materiaal aanbrengen, de delen samenvoegen en goed op hun plaats houden (bij voorkeur klemmen of ondersteunen). Overtollige lijm direct met een doek verwijderen.
Potlife: 15 minuten
Vlekken/resten: Natte lijmresten direct verwijderen met Bison ontvetter of aceton. Opgedroogde lijmresten zijn alleen mechanisch te verwijderen.

DROOGTIJDEN*
Handvasttijd: ca. 1 uur
Eindsterkte: maximale eindsterkte wordt bereikt na ca. 48 uur

***Droogtijden kunnen variëren afhankelijk van o.a. ondergrond, opgebrachte hoeveelheid product, vochtgehalte en omgeveingstemperatuur**

figuur 9 De gebruiksaanwijzing van een tweecomponentenlijm.

9 Bekijk de zes reactieschema's.

1 cement + water → cementsteen
2 ijzer + zuurstof + water → roest
3 katoen → koolstof + water + brandbaar gas
4 methaan + zuurstof → koolstofdioxide + water
5 stearine + zuurstof → koolstofdioxide + water
6 water → waterstof en zuurstof

a Welke reactieschema's geven een ontledingsreactie weer?
reactie *1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6*

b Welke reactieschema's geven een verbrandingsreactie weer?
reactie *1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6*

10 In planten vindt fotosynthese plaats. De bladgroenkorrels van planten produceren glucose en zuurstof. De grondstoffen die ze hiervoor gebruiken, zijn koolstofdioxide en water.

a Geef de fotosynthese weer in een reactieschema.

....

b Mensen en dieren kunnen glucose in hun lichaam 'verbranden'. Deze verbranding gebeurt zonder vlammen. Bij de verbranding ontstaan koolstofdioxide en water.
Geef de verbranding van glucose weer in een reactieschema.

....

Werken als brandweervrouw **beroep**

Rasha (29 jaar) werkt bij de brandweer als brandweervrouw en verkenner gevaarlijke stoffen. Bij grote branden is het haar taak om te meten welke gevaarlijke stoffen er vrijkomen en in welke concentraties. Ze heeft hiervoor een speciale opleiding gevolgd, na de gewone opleiding tot brandweervrouw.



Na het behalen van haar vmbo-diploma heeft Rasha geen mbo-opleiding gedaan. Ze is meteen bij de brandweer gegaan, omdat ze brandweervrouw een spannend en afwisselend beroep vond.

11 Lees de tekst 'Werken als brandweervrouw'. Rasha geeft regelmatig voorlichting over het voorkomen van brand in huis. Ze vertelt dan onder andere wat je moet doen als de vlam in je frituurpan slaat.

a Als je frituurvet verhit, begint het hete vet op een gegeven moment te verdampen.
Waaraan merk je dat heel duidelijk?

....

....

b Als het frituurvet daarna te heet wordt, kan de vlam in de pan slaan (figuur 10).
Wat begint er dan hevig te branden?

- ○ A het verdampte frituurvet
- ○ B het vloeibare frituurvet



figuur 10 Vlam in de pan.

c In een voorlichtingsblad van een energiebedrijf staat:

Vlam in de pan?
1 Draai het gas uit.
2 Leg een deksel op de pan.

Leg uit waarom je het gas moet uitdraaien.

....

....

d Leg uit waarom je een deksel op de pan moet leggen.

....

....

....

e Rasha waarschuwt ervoor dat je nooit moet proberen het vuur met water te blussen.
Leg uit waarom dat zo gevaarlijk is.

....

....

....

★ 12 Het blinkende, zilverkleurige gedeelte van munten van 1 euro bestaat grotendeels uit nikkel.
Leg uit of de volgende beweringen juist of onjuist zijn.

a Omdat nikkel blinkt, is op nikkel geen corrosielaagje aanwezig.

....

....

....

b Het corrosielaagje op nikkel is dof.

....

....

....

c Het corrosielaagje op nikkel is helder en doorzichtig.

....

....

....

EXTRA WATERSTOF

13 Een auto rijdt op waterstofgas. Het gas is onder een druk van 200 bar (ongeveer 200 keer de gewone luchtdruk) opgeslagen in de brandstoftank.

a Welk voordeel heeft een waterstofauto in vergelijking met een gewone auto?

....

....

b Waarom is dit voordeel juist in het stadsverkeer extra belangrijk?

....

....

....

c Leg uit waarom het waterstofgas onder zo'n hoge druk wordt opgeslagen.

....

....

d De tank in de waterstofauto is veel sterker dan een gewone benzinetank. Waarom is dat nodig?

....

....

....

★ 14 In figuur 11 zie je een lancering van de Europese Ariane 5-raket. De hoofdmotor van deze raket werkt op vloeibare waterstof en vloeibare zuurstof. Tijdens de lancering worden deze stoffen uit grote tanks naar de hoofdmotor gepompt. Daar verdampen ze, om vervolgens met elkaar te mengen en te reageren.

a Waarom worden waterstof en zuurstof opgeslagen als vloeistoffen en niet als gassen?

....

....

....

....

b Gebruik *BINAS* tabel 17 *Gegevens van enkele gassen en dampen.*
Waarom zijn de brandstoftanks van de raket voorzien van een dikke laag isolatiemateriaal?

....

....

....

c Welke reactie vindt plaats in de hoofdmotoren? Schrijf het reactieschema op.

....

d Uit de hoofdmotoren stroomt een gloeiend heet gas met een heel grote snelheid.
Welk gas is dat? Noteer de naam van de stof.

....



figuur 11 Een Ariane 5-raket tijdens de lancering.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 ZOUT SCHEIDEN VAN ZAND

15 minuten

Vraag je leraar naar het veiligheidsvoorschrift *Veilig werken met de brander.*

Inleiding

Sommige stoffen lossen wel op in water, andere niet. Daarvan kun je gebruikmaken om twee stoffen van elkaar te scheiden.

Doel

In deze proef pas je drie scheidingsmethoden toe om zout te scheiden van zand.

Nodig

- ☐ mengsel van zout en zand
- ☐ spatel
- ☐ 2 reageerbuizen
- ☐ spuitfles met gedestilleerd water
- ☐ stop
- ☐ trechter
- ☐ filtreerpapier
- ☐ porseleinen schaaltje
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers

Uitvoeren en uitwerken

Extraheren

- Doe twee spatelpunten van het zout-zandmengsel in een reageerbuis.
- Voeg 4 cm gedestilleerd water toe.
- Doe de stop op de reageerbuis en schud goed.

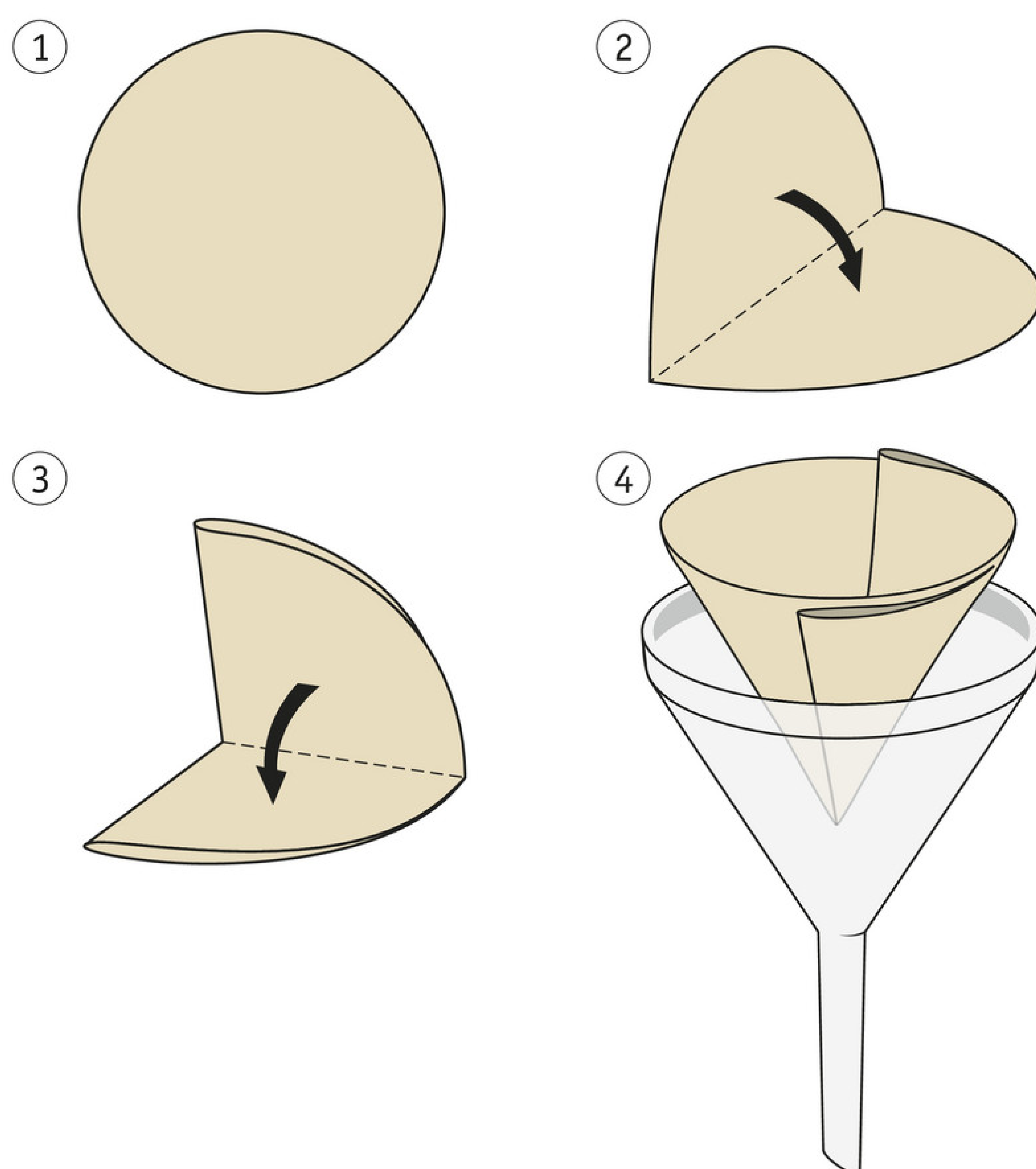
1 Vul in.

Het .... lost wel op in water.

Het .... lost niet op in water.

Filtreren

- Zet de trechter op de tweede reageerbuis.
- Vouw een ‘filterzakje’ van filtreerpapier (figuur 1).
- Zet het filterzakje in de trechter. Maak het papier een beetje nat, zodat het aan de trechter plakt.
- Giet de inhoud van de eerste reageerbuis in de trechter.



figuur 1 Zo maak je een filter.

2 Welke stof blijft in het filter achter?

....

3 Welke stoffen gaan door het filter heen?

....

Indampen

- Giet een beetje van het filtraat (de vloeistof die nu in de tweede reageerbuis zit) in het porseleinen schaaltje.
- Leg het gaasje op de driepoot.
- Zet het schaaltje op het gaasje.
- Steek de brander aan.
- Verwarm het schaaltje voorzichtig met een kleine, blauwe vlam.
- Ga hiermee door tot het water is verdampt.

4 Welke stof blijft in het schaaltje achter?

....

5 Welke drie scheidingsmethoden heb je achter elkaar gebruikt?

....

....

....

Ruim alles netjes op.

PROEF 2 HET STOLPUNT VAN EEN STOF BEPALEN

30 minuten

Vraag je leraar naar het veiligheidsvoorschrift *Veilig werken met de brander.*

Inleiding

Als je een vloeistof afkoelt, begint hij op een gegeven moment te stollen. De temperatuur waarop dat gebeurt, wordt het stolpunt genoemd. Zolang de vloeistof stolt, verandert de temperatuur niet. Uit proeven blijkt dat het stolpunt (van een stof) gelijk is aan het smeltpunt (van dezelfde stof).

Doel

Bij deze proef bepaal je het stolpunt van een stof. Het doel is erachter te komen om welke stof het gaat.

Nodig

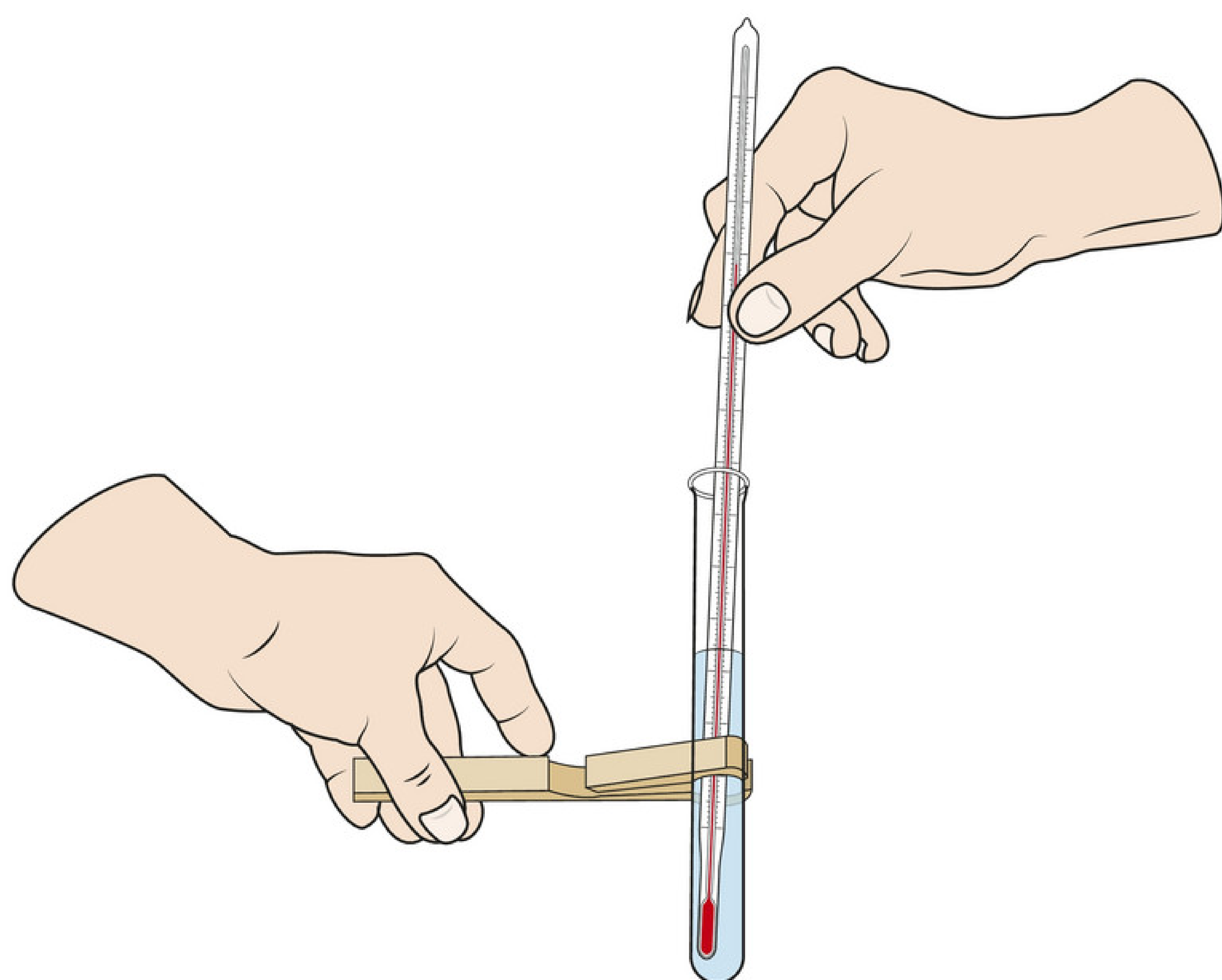
- ☐ gasbrander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers
- ☐ reageerbuis met een onbekende stof
- ☐ bekerglas
- ☐ houten reageerbuishouder
- ☐ thermometer
- ☐ horloge

Uitvoeren en uitwerken

Deze proef doe je met twee personen.

- Van je leraar krijg je een reageerbuis met een onbekende stof.
- Doe het bekerglas halfvol met water en zet de reageerbuis erin.
- Verwarm het water tot de onbekende stof helemaal gesmolten is.

- Gebruik de reageerbuishouder om de reageerbuis uit het bekerglas te halen.
- Doe de thermometer in de reageerbuis (figuur 2).
- Begin meteen met het meten van de temperatuur.



figuur 2 Zo meet je de temperatuur.

1 Lees om de dertig seconden de temperatuur af.
Noteer de temperatuur steeds in tabel 1.

tabel 1 De meetresultaten van proef 2.

tijd (min)	temperatuur (°C)	tijd (min)	temperatuur (°C)
0		8,0	
0,5		8,5	
1,0		9,0	
1,5		9,5	
2,0		10,0	
2,5		10,5	
3,0		11,0	
3,5		11,5	
4,0		12,0	
4,5		12,5	
5,0		13,0	
5,5		13,5	
6,0		14,0	
6,5		14,5	
7,0		15,0	
7,5			

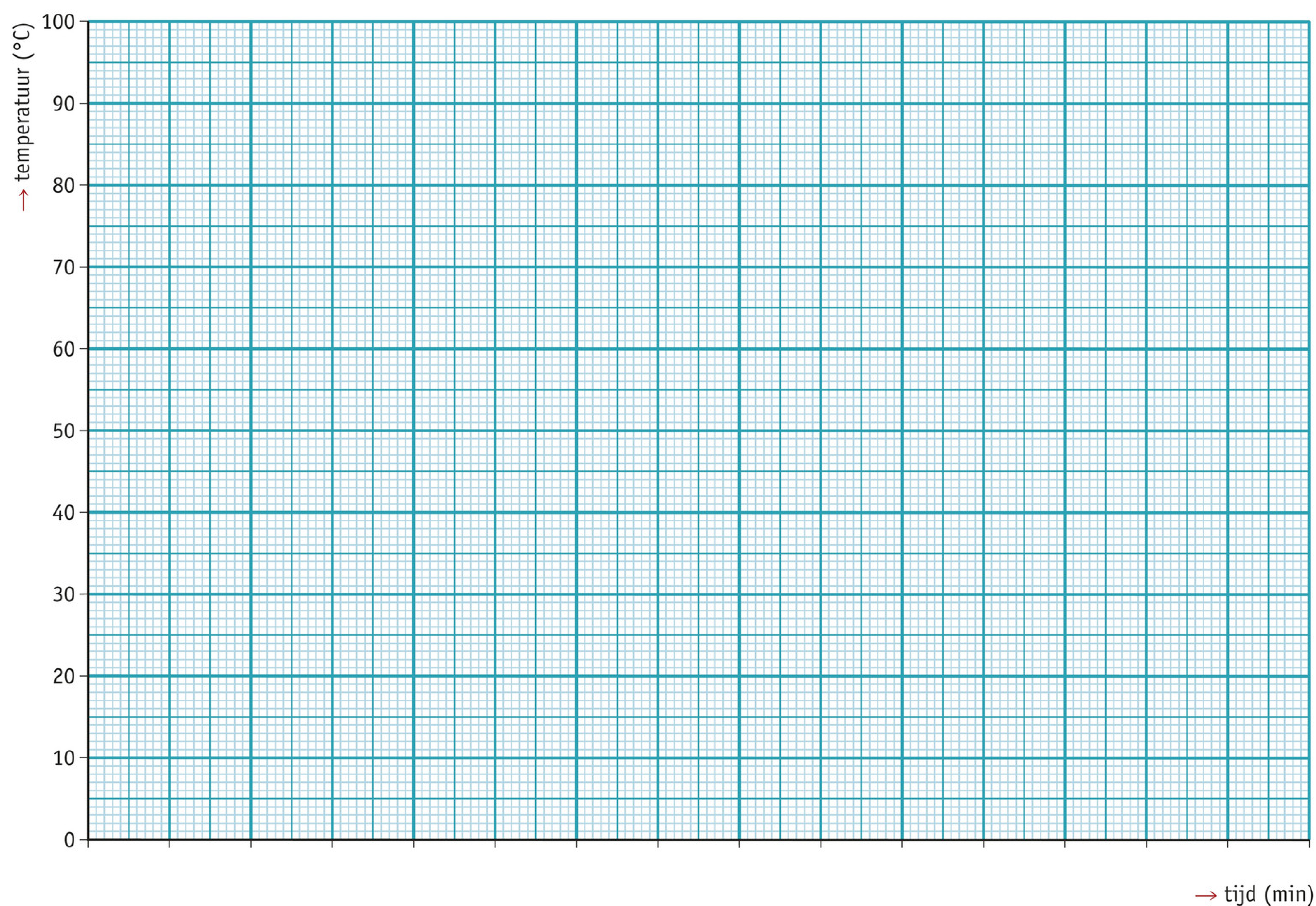
2 Op welk tijdstip begint de stof te stollen? Wat is dan de temperatuur?

....

....

- Ga, nadat de stof helemaal gestold is, minstens drie minuten door met het meten van de temperatuur.

3 Teken in figuur 3 het temperatuur-tijddiagram van deze proef.



figuur 3 Het temperatuur-tijddiagram van proef 2.

4 Tussen welke twee tijdstippen was de onbekende stof aan het stollen?

....

5 Hoe hoog is het stolpunt van de onbekende stof?

....

- Je leraar geeft je gegevens over enkele stoffen.

6 Met welke stof heb je bij deze proef gewerkt? Waaraan zie je dat?

....

....

- Je leraar zal je vertellen of je een verslag van deze proef moet maken.

Ruim alles netjes op.

PROEF 3 REACTIES UIT HET DAGELIJKS LEVEN

30 minuten

Vraag je leraar naar het veiligheidsvoorschrift *Veilig werken met de brander.*

Inleiding

In de wereld om je heen – en ook in je eigen lichaam – vinden overal reacties plaats. Sommige reacties verlopen heel langzaam (zoals het roesten van je fiets), andere heel snel (zoals het ontploffen van een stuk vuurwerk). Zo ontstaan er voortdurend nieuwe stoffen, terwijl de oude stoffen verdwijnen.

Doel

In deze proef maak je kennis met een aantal reacties uit het dagelijks leven.

Nodig

Voor proef A
- ☐ suiker
- ☐ theelepel
- ☐ aluminium bakje
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ tang

Voor proef B
- ☐ spiritus
- ☐ maatcilinder (10 mL)
- ☐ 2 gelijke indampschaaltjes
- ☐ 2 stopwatches
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje

Voor proef C
- ☐ 20 maiskorrels
- ☐ olijfolie of slaolie
- ☐ aluminium bakje
- ☐ liniaal
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ tang

Voor proef D
- ☐ azijn
- ☐ bakpoeder
- ☐ bekerglas
- ☐ spatel
- ☐ plastic potje met klemdeksel
- ☐ statief met multiklem
- ☐ stopwatch

Uitvoeren en uitwerken

Je leraar vertelt je welke van de vier proeven (A, B, C of D) jij gaat doen.

Proef A: Suiker ontleden
- Zet het aluminium bakje op de driepoot met het gaasje.
- Doe één theelepel suiker in het bakje. Verdeel de suiker over de bodem.
- Steek de brander aan. Stel hem in op een kleine, kleurloze vlam.
- Zet de brander onder het bakje op de driepoot.
- Wacht tot je een donkerbruine kleur ziet verschijnen. Haal de brander dan meteen onder het bakje vandaan en zet hem uit. Laat het bakje op de driepoot staan; het is heet!

1 Noteer alles wat je hebt waargenomen (wat je hebt gezien en geroken).

....

....

....

....

2 Verandert de inhoud van het bakje weer in suiker als je het laat afkoelen?

....

....

- Gebruik de tang om het schaaltje met inhoud in de afvalbak te gooien.

Proef B: Spiritus verbranden

- Zet de schaaltjes op de driepoot met het gaasje.
- Doe in elk schaaltje precies 5 mL spiritus.
- Steek de spiritus in beide schaaltjes aan. Start de twee stopwatches tegelijkertijd.
- Blaas voorzichtig in de vlam van schaaltje 1 (niet uitblazen!). Laat de spiritus in schaaltje 2 rustig branden.
- Als de spiritus in een schaaltje is opgebrand, stop dan de bijbehorende stopwatch.

3 Vul in.

a De tijd die de 5 mL spiritus in schaaltje 1 nodig had om te verbranden is .... s.

b De tijd die de 5 mL spiritus in schaaltje 2 nodig had om te verbranden is .... s.

4 Hoe komt het dat de spiritus in het ene schaaltje sneller opbrandt dan de spiritus in het andere schaaltje? Gebruik het woord ‘zuurstof’ in je uitleg.

....

....

....

....

- Wacht 1 minuut en doe daarna voorzichtig koud water in de schaaltjes.
- Giet de schaaltjes na nog 2 minuten wachten leeg in de gootsteen.
- Spoel de bakjes voorzichtig schoon met koud water. Maak ze schoon met een stukje papier.

Proef C: Mais verwarmen

5 Meet hoe lang een maiskorrel is. .... cm

- Doe een klein scheutje olie in het aluminium bakje.
- Leg de korrels mais in het bakje.
- Zet het bakje op het gaasje van de driepoot.
- Steek de brander aan. Stel hem in op een kleine, kleurloze vlam.
- Zet de brander onder het bakje op de driepoot.
- Als er niets meer verandert, zet je de brander uit.

6 Meet hoe lang een maiskorrel nu is. .... cm

7 De lengte van een maiskorrel is $\frac{\dots\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots\dots}$ = ... × zo groot geworden.

- Gebruik de tang om het schaaltje in de afvalbak te gooien.

Proef D: Bakpoeder

Bakpoeder (natriumbicarbonaat) wordt gebruikt om brood en gebak luchtig te laten worden.

- Doe 20 mL azijn in het bekerglas.
- Doe er één spatelpunt bakpoeder bij.

8 Beschrijf wat je ziet gebeuren.

....

....

....

....

- Doe nu een laagje van 1 cm azijn in het plastic potje.

9 Wat denk je: wat gebeurt er als je bakpoeder aan de azijn toevoegt en daarna het deksel op het potje drukt?

....

....

....

....

....

- Klem het potje vast met de multiklem om de bodem van het potje. Pas op dat je het potje niet vervormt.
- Doe een spatelpunt bakpoeder bij de azijn. Druk het deksel stevig op het potje.
- Zet de stopwatch aan.

10 Na hoeveel seconden gebeurt er iets? .... s

11 Wat gebeurt er?

....

....

....

12 Verklaar wat je hebt gezien. Gebruik de woorden 'gas' en 'druk' in je uitleg.

....

....

....

....

....

....

- Spoel het bekerglas en het potje om in de gootsteen.
- Maak het bekerglas en het potje droog met een stukje papier.

Ruim alles netjes op.

PROEF 4 ONDERZOEK: TWEE SOORTEN AZIJN

30 minuten

Inleiding

Natuurazijn en schoonmaakazijn bevatten allebei azijnzuur. In een boek staat dat de ene soort azijn 2,5 keer zoveel azijnzuur bevat als de andere. Of dat waar is, kun je nagaan door de azijn met kalksteen of magnesium te laten reageren.

Doel

Probeer dat eens uit. De onderzoeksvragen zijn:

1 *Welk soort azijn heeft de hoogste concentratie azijnzuur?*
2 *Is de ene concentratie inderdaad 2,5× zo groot als de andere?*

Uitvoeren en uitwerken

- Maak een werkplan.
  - Bespreek jouw werkplan met je leraar.
  - Voer het onderzoek uit.

1 Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

Leerstofoverzicht

4.1 STOFEIGENSCHAPPEN

ONTHOUD

- Je hebt zuivere stoffen en mengsels. In een zuivere stof zit één soort moleculen. In een mengsel zitten minimaal twee soorten moleculen.
- Mengsels kun je zuiveren door scheidingsmethoden te gebruiken. Voorbeelden van scheidingsmethoden zijn filtreren en indampen. Bij het scheiden van stoffen sorteer je moleculen.
- De eigenschappen van een stof kun je alleen vaststellen door de zuivere stof te bekijken en te onderzoeken. Alleen dan weet je zeker of de onderzochte eigenschappen echt bij die ene stof horen.
- Enkele stofeigenschappen zijn geur, kleur, oplosbaarheid, elektrische geleiding en dichtheid.

BEGRIPPEN

dichtheid
Massa van een bepaalde hoeveelheid van een stof.

elektrische geleiding
Maat voor de hoeveelheid elektrische stroom die een stof doorlaat.

filtreren
Scheidingsmethode waarbij je een filter gebruikt om een vloeistof en een vaste stof te scheiden.

indampen
Scheidingsmethode waarbij je een opgeloste stof scheidt van het oplosmiddel door het oplosmiddel te verdampen.

mengsel
Stof waarin moleculen van verschillende stoffen (dus verschillende soorten moleculen) aanwezig zijn.

oplosbaarheid
Geeft aan of een stof wel of niet in water is op te lossen.

zuiveren
Stoffen scheiden door scheidingsmethoden, zodat een zuivere stof overblijft.

zuivere stof
Stof waarin alleen één soort moleculen aanwezig zijn.

4.2 SMELTPUNT EN KOOKPUNT

ONTHOUD

- De fase van een stof is een eigenschap waar je een stof aan kunt herkennen. Er zijn drie fasen: de gasvormige, de vloeibare en de vaste fase.
- Het smeltpunt van een stof is de temperatuur waarbij een stof smelt. Als je een vaste stof verwarmt, dan zal hij gaan smelten. Als je doorgaat met verwarmen, zal de temperatuur niet verder oplopen. De toegevoerde warmte wordt dan gebruikt om de stof te laten smelten.
- Als je de vloeistof na het smelten weer afkoelt, begint hij op een gegeven moment te stollen. De temperatuur is dan even hoog als tijdens het smelten. Het smeltpunt is dus gelijk aan het stolpunt.
- Een stof kookt als in de gehele vloeistof dampbellen ontstaan. De temperatuur waarop een stof kookt noem je het kookpunt. Zolang de stof kookt blijft de temperatuur constant.

BEGRIPPEN

fase
Vorm waarin een stof voorkomt: gas, vloeibaar of vast.

kookpunt
Temperatuur waarbij een stof kookt.

smeltpunt
Constante temperatuur waarbij een vaste stof vloeibaar wordt.

stolpunt
Constante temperatuur waarbij een vloeistof stof vast wordt.

vluchtig
Term die aangeeft dat een vloeistof snel verdampt.

4.3 VEILIG WERKEN MET STOFFEN

ONTHOUD

- Sommige stoffen die je in huis gebruikt kunnen gemakkelijk in brand vliegen. Deze stoffen noem je ontvlambaar. Stoffen die huidontstekingen en oogbeschadigingen kunnen veroorzaken noem je irriterend.
- De gifwijzer is een boekje en een app, waarin je informatie vindt over giftige stoffen en planten.
- Op etiketten van gevaarlijke stoffen vind je de volgende gegevens:
  - de concentratie van de stof;
  - H- en P-zinnen;
  - pictogrammen.
- Op een veiligheidskaart staat nog meer informatie over een stof dan op het etiket.
- Als je met gevaarlijke stoffen werkt, kun je je op verschillende manieren beschermen:
  - een veiligheidsbril opzetten;
  - plastic handschoenen dragen;
  - een labjas aantrekken.
- Gevaarlijke stoffen horen bij het klein chemisch afval (kca) en niet bij het gewone afval.

BEGRIPPEN

concentratie
Geeft aan hoeveel stof opgelost is in een oplosmiddel.

gevarensymbool
Andere naam voor een pictogram.

gifwijzer
Een boekje of een app met informatie over giftige stoffen en planten.

H-zin
Zin die aangeeft voor welk gevaar je moet oppassen als je een stof gebruikt.

irriterend
Aanduiding voor een stof die huidontstekingen en oogbeschadigingen kan veroorzaken.

klein chemisch afval
Gevaarlijk afval dat apart van overig huishoudelijk afval wordt opgehaald en verwerkt.

ontvlambaar
Aanduiding voor stoffen die gemakkelijk in brand kunnen vliegen.

P-zin
Zin die aangeeft welke voorzorgsmaatregelen je moet nemen als je een stof gebruikt.

pictogram
Symbool dat een gevaar weergeeft van die stof.

veiligheidskaart
Kaart waarop staat wat de gevaren van die stof zijn en welke veiligheidsmaatregelen je moet nemen als je met die stof werkt.

4.4 CHEMISCHE REACTIES

ONTHOUD

- Enkele voorbeelden van chemische reacties zijn:
  - uitharden van beton;
  - rijzen van beslag door bakpoeder;
  - ontkalken met huishoudazijn;
  - roesten van ijzer;
  - bruin worden van brood.
- In een reactieschema geef je een chemische reactie weer. Je zet in zo'n schema eerst de stoffen die verdwijnen, daarna een pijl en dan de stoffen die ontstaan.
- Bij een ontledingsreactie staat één stof voor de reactiepijl en minimaal twee stoffen achter de pijl.
- Een verbrandingsreactie is een reactie waarbij een stof reageert met zuurstof. Voor een verbrandingsreactie zijn drie dingen nodig: een brandbare stof, voldoende zuurstof en een temperatuur die hoog genoeg is.
- De meeste metalen worden aangetast door stoffen in de lucht. Dat noem je corrosie. IJzer kan helemaal doorroesten. Bij veel andere metalen, zoals aluminium, gaat de aantasting niet verder dan de buitenkant.

BEGRIPPEN

chemische reactie
Proces waarbij minstens één stof verdwijnt, terwijl er tegelijk één of meerdere nieuwe stoffen ontstaan.

corrosie
Aantasting van een metaal door stoffen in de lucht.

ontleden
Reactie waarbij één stof verdwijnt en twee of meer andere stoffen ontstaan.

ontledingsreactie
Bij een ontledingsreactie wordt één stof afgebroken en ontstaan altijd twee of meer nieuwe stoffen. Voor de pijl in het reactieschema staat dus maar één stof.

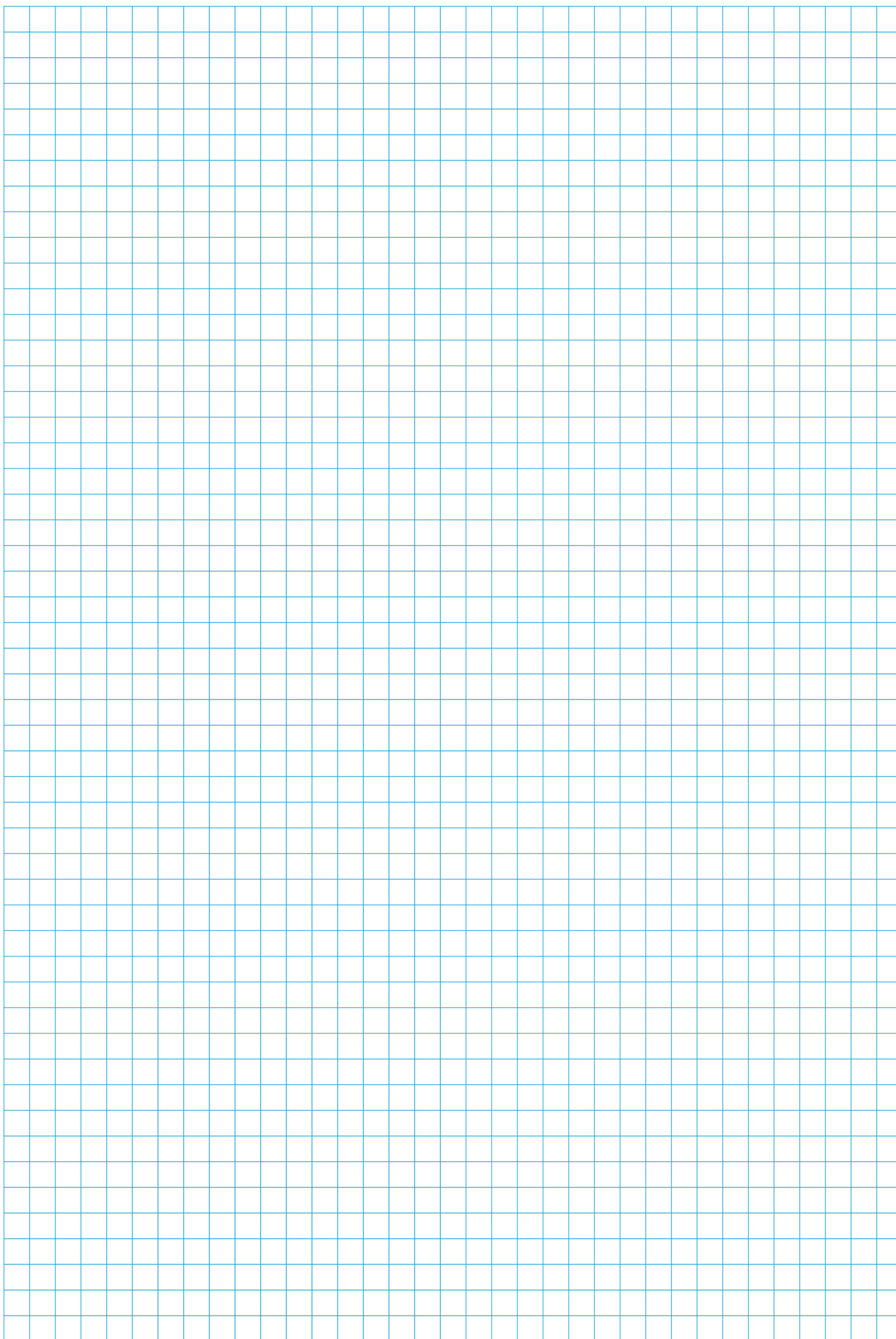
reactieschema
Manier om een reactie eenvoudig en gestructureerd weer te geven.

roest
Roodbruine stof die ontstaat als ijzer reageert met water en zuurstof.

verbranden
Reactie van een stof met zuurstof.

verbrandingsreactie
Bij een verbrandingsreactie reageert een (brand)stof met zuurstof, waarbij verbrandingsproducten ontstaan. Daar komt warmte en vaak licht/vuur bij vrij.


Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.



Alle onderzoeks-vaardigheden passeren nog eens de revue. Handig als naslagwerk voor de leerling.

Vaardigheden

GEGEVENS VERZAMELEN EN VERWERKEN

Bij het vak natuur- en scheikunde gaat het niet alleen om kennis (wat je weet), maar ook om vaardigheden (wat je kunt). Belangrijke vaardigheden zijn proeven doen, metingen uitvoeren, berekeningen maken, grafieken tekenen en verbanden herkennen. In dit onderdeel van de methode leer je daar meer over.



1 Een onderzoek doen

Door een onderzoek te doen kun je meer te weten komen over een verschijnsel uit de natuurkunde of scheikunde. Bij zo'n onderzoek ga je stap voor stap te werk.

Stap 1 **Bedenk een onderzoeksvraag.**
Een onderzoeksvraag is een vraag waarop jij graag een antwoord wilt krijgen.
Om dat antwoord te kunnen krijgen, moet je een onderzoek doen. Soms staat de onderzoeksvraag al in de opdracht vermeld. Dan kun je die gewoon overnemen. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Dat is lastiger. Verzamel ideeën en kies de beste uit. Het is verstandig om een vraag te kiezen waarbij je zelf al een idee hebt hoe je aan het antwoord kunt komen. Stel de vraag zó dat iedereen de vraag kan begrijpen.

VOORBEELD
Petra heeft als onderzoeksvraag bedacht:
Hoe groot is het vermogen van de koplamp van mijn fiets?
Petra wil het lampje gebruiken dat in de koplamp van haar fiets zit. Ze weet hoe ze het vermogen van zo'n lampje kan bepalen.

Stap 2 **Maak een werkplan.**
In je werkplan moet je de volgende vragen beantwoorden:
- Welke materialen en apparatuur heb je nodig?
- Welke opstelling ga je bouwen (maak een tekening)?
- Welke grootheden ga je meten?
- Hoe ga je je meetresultaten verwerken:
  - Welke formules heb je nodig?
  - Maak je een tabel?
  - Maak je ook een grafiek?

In figuur 1 zie je Petra's werkplan.

Stap 3 **Voer metingen uit.**
Je bouwt je opstelling en voert de metingen uit. Schrijf al je metingen geordend op, bijvoorbeeld in een tabel. Zie de vaardigheden 2 *Meetinstrumenten aflezen* en 10 *Werken met tabellen en grafieken*.

Stap 4 **Verwerk de gegevens.**
Gebruik nu de formule(s) die je nodig hebt en maak daarmee de berekeningen om je antwoord te vinden. Soms kun je je meetresultaten in een grafiek weergeven. Zie de vaardigheden 10 *Werken met tabellen en grafieken* en 11 *Verbanden meten*.

Stap 5 **Trek conclusies.**
Als alles goed is gegaan, kun je conclusies trekken. Geef een antwoord op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af of er in je metingen onnauwkeurigheden kunnen zitten, waardoor je misschien een verkeerd antwoord op de onderzoeksvraag hebt gegeven. Zou je die onnauwkeurigheden kunnen verkleinen?

Stap 6 **Maak een verslag.**
Tot slot maak je van je onderzoek een verslag. Zie vaardigheid 12 *Een onderzoeksverslag maken*.

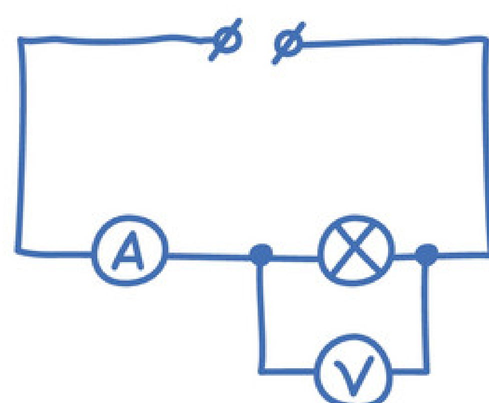
WERKPLAN **Petra de Boer**
Onderzoek: Het vermogen meten van de koplamp van mijn fiets

Materialen en apparatuur

Ik heb nodig:
- voeding
- snoeren
- stroommeter
- spanningsmeter
- fietslampje (van mezelf)

Opstelling

Ik ga deze schakeling bouwen:



Formules

Ik kan het vermogen berekenen met de formule $P = U \cdot I$.
Ik moet dus de spanning en de stroomsterkte meten.
Dan kan ik het vermogen uitrekenen.

Metingen

Ik stel de spanning in op 6,0 V (want dat is de gewone spanning van een dynamo). Daarna meet ik hoe groot de stroomsterkte door het lampje is.

figuur 1 Petra's werkplan.

2 Meetinstrumenten aflezen

Er bestaan digitale meetinstrumenten en analoge meetinstrumenten (figuur 2). Er bestaan enkele belangrijke verschillen tussen deze meters.

Digitale meters geven de aflezing in cijfers op een display weer. Voorbeelden zijn een digitale thermometer en een digitale stopwatch. Dit soort meters maakt het je erg gemakkelijk. Je hoeft alleen de cijfers juist af te lezen. Je kunt dus nauwelijks een afleesfout maken.

Analoge meters hebben een wijzer en een schaalverdeling. Voorbeelden zijn een spanningsmeter, een krachtmeter, maar ook een gewone klok. Je moet zelf de stand van de wijzer aflezen. Sommige meters hebben meer dan één meetbereik. Om de meetwaarde zo nauwkeurig mogelijk af te kunnen lezen, gebruik je altijd een zo klein mogelijk meetbereik.

figuur 2 Een digitale en een analoge tijdmeter.



digitale tijdmeter



analoge tijdmeter

Bij een analoge meter moet je eerst nagaan hoeveel elk ‘vakje’ van de schaalverdeling waard is. Daar kun je als volgt achter komen (figuur 3):

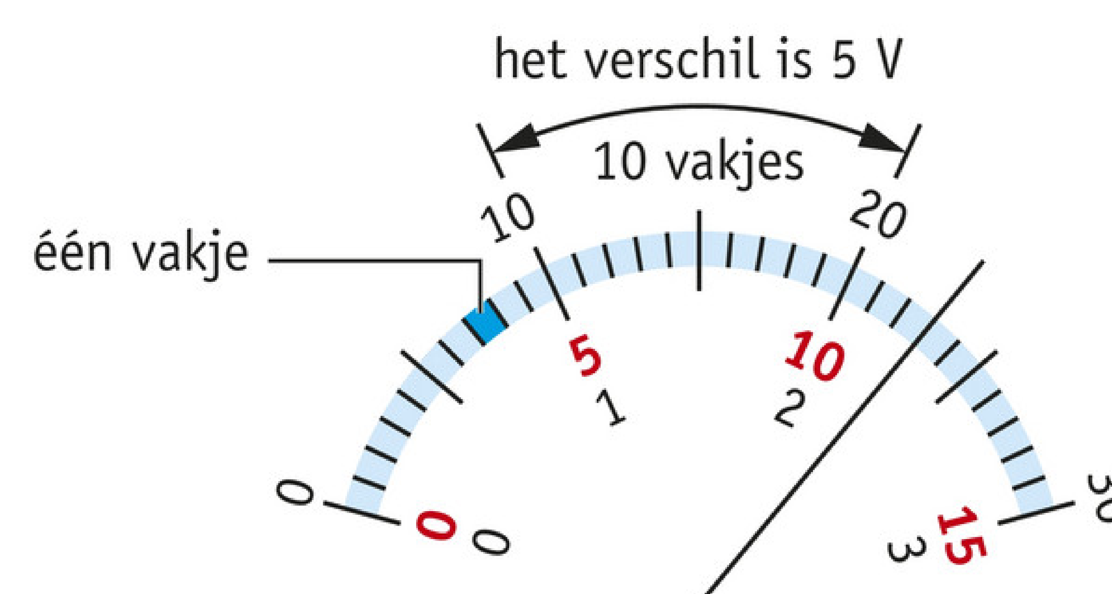
- Ga na welk meetbereik is gebruikt.
  Bij de spanningsmeter in figuur 3 is dat 0-15 V
  (de rode getallen).

- Noteer het verschil tussen twee opeenvolgende getallen.
  Bij het meetbereik 0-15 V is dat verschil telkens 5 V.

- Tel het aantal ‘vakjes’ tussen twee opeenvolgende getallen.
  Bij de spanningsmeter zijn dat er 10.

- Reken nu uit hoeveel elk vakje waard is.
  Je deelt 5 volt door 10: $\frac{5\text{ V}}{10}$ = 0,5 V.

- Tot slot moet je zorgen dat je recht van voren op de meter kijkt. Dan kun je het instrument aflezen.
  Ga zelf na dat de spanningsmeter 11,5 V aangeeft.



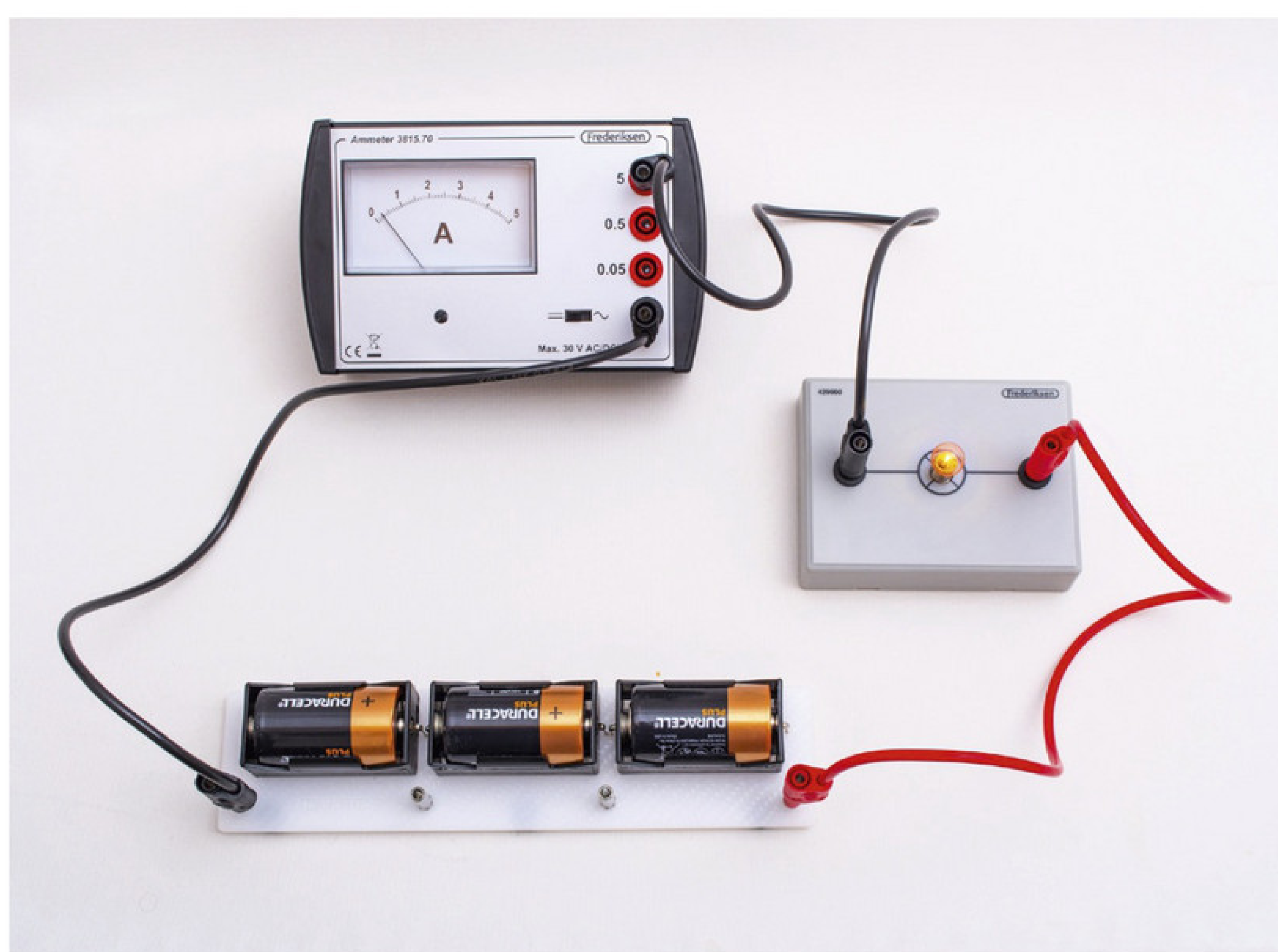
figuur 3 Een spanningsmeter aflezen.

Bij andere analoge meetinstrumenten ga je op een soortgelijke manier te werk.

3 Werken met een stroommeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een stroommeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje. De stroom door het lampje loopt dan ook door de meter (figuur 4).
- Je verbindt de pluspool van de batterij of voeding met de plusaansluiting op de stroommeter. (Eventueel mag er nog wel een lampje of iets dergelijks tussen zitten.) De minpool verbind je met de minaansluiting van de meter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit je de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.
- Veel stroommeters hebben verschillende meetbereiken. De meter in figuur 4 heeft bijvoorbeeld drie meetbereiken: 0-5 A, 0-500 mA en 0-50 mA.
- Als je het meetbereik van 0 tot 5 A gebruikt, kun je stromen meten tot hoogstens 5 A. Als je het meetbereik van 0 tot 500 mA gebruikt, kun je stromen meten tot hoogstens 500 mA = 0,5 A. Enzovoort.
- Meet de eerste keer altijd met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Als de meter erg weinig uitslaat, kun je een kleiner meetbereik gebruiken.
- Voor het nauwkeurigste resultaat gebruik je altijd een zo klein mogelijk meetbereik. Dan slaat de wijzer verder uit en kun je nauwkeuriger aflezen wat hij aanwijst.
- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en lees nauwkeurig af.



figuur 4 Zo sluit je een stroommeter aan.

4 Schakelingen bouwen

Bij sommige proeven bouw je een schakeling aan de hand van een schakelschema. In zo’n schakelschema worden verschillende schakelsymbolen gebruikt. Zie het overzicht in figuur 5.

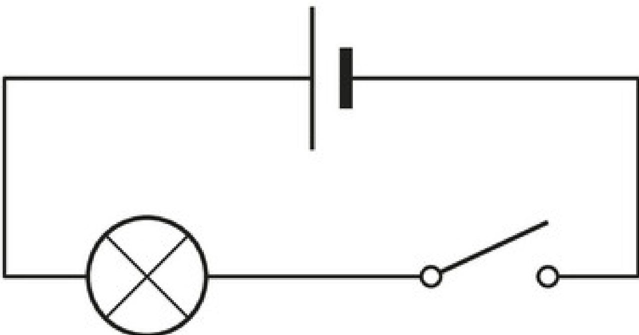
snoer	
batterij	
lampje	
schakelaar	open dicht
spanningsmeter	V
stroommeter	A
stopcontact	
zekering	

figuur 5 Een overzicht van de schakelsymbolen.

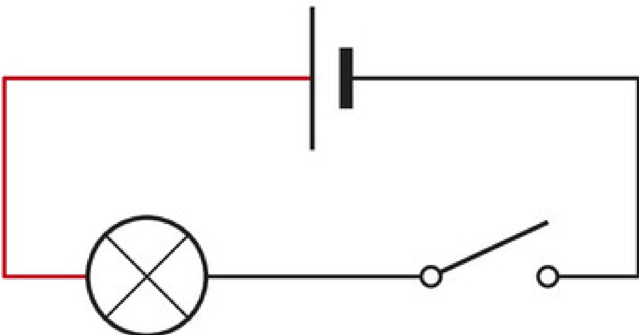
Je kunt een schakeling het best stap voor stap opbouwen. In figuur 6 zie je hoe je daarbij te werk kunt gaan. Begin bij de pluspool van de batterij, verbind de onderdelen een voor een met elkaar en eindig bij de minpool van de batterij.

figuur 6 Een schakeling bouwen.

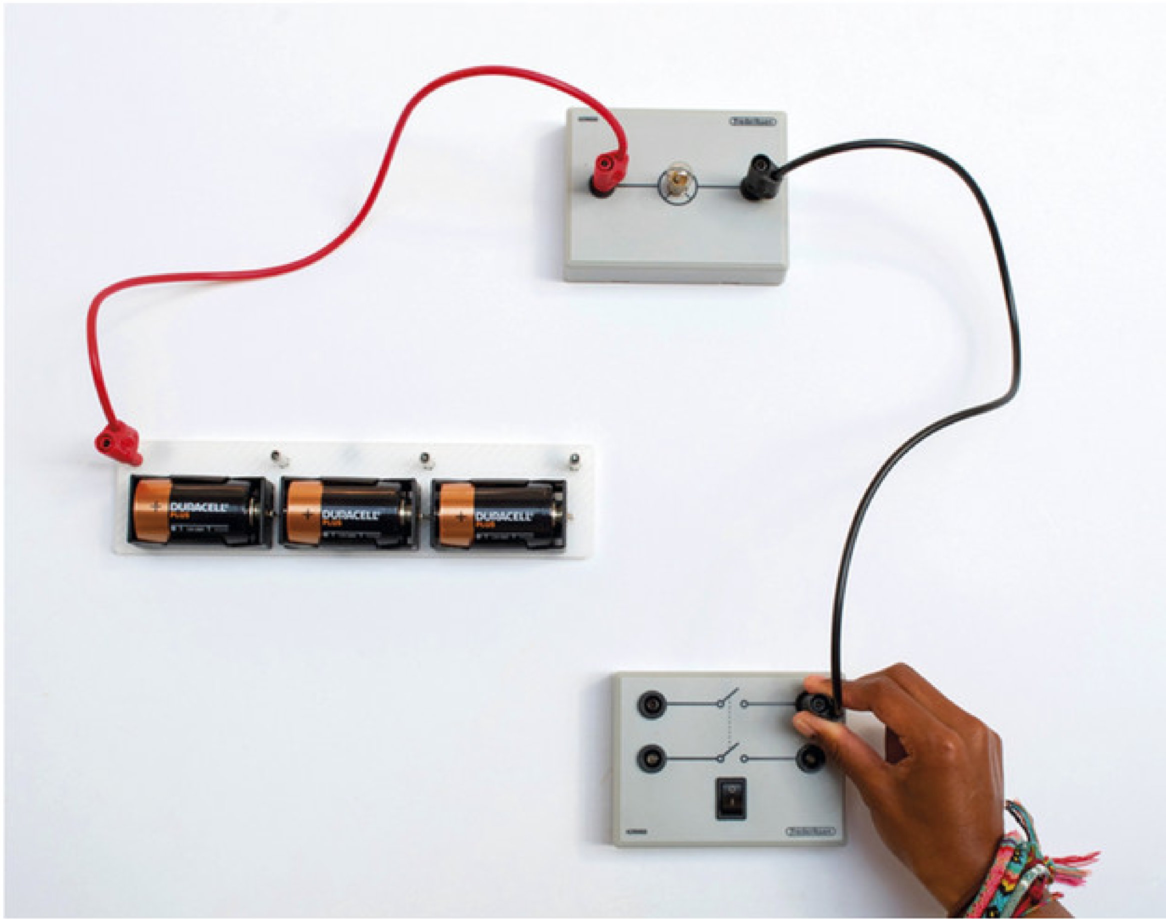


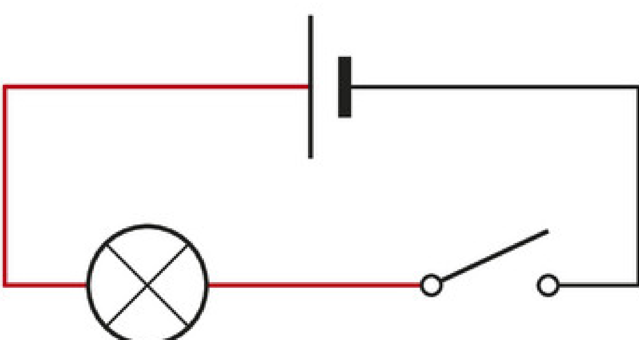


1 Verzamel de verschillende onderdelen.

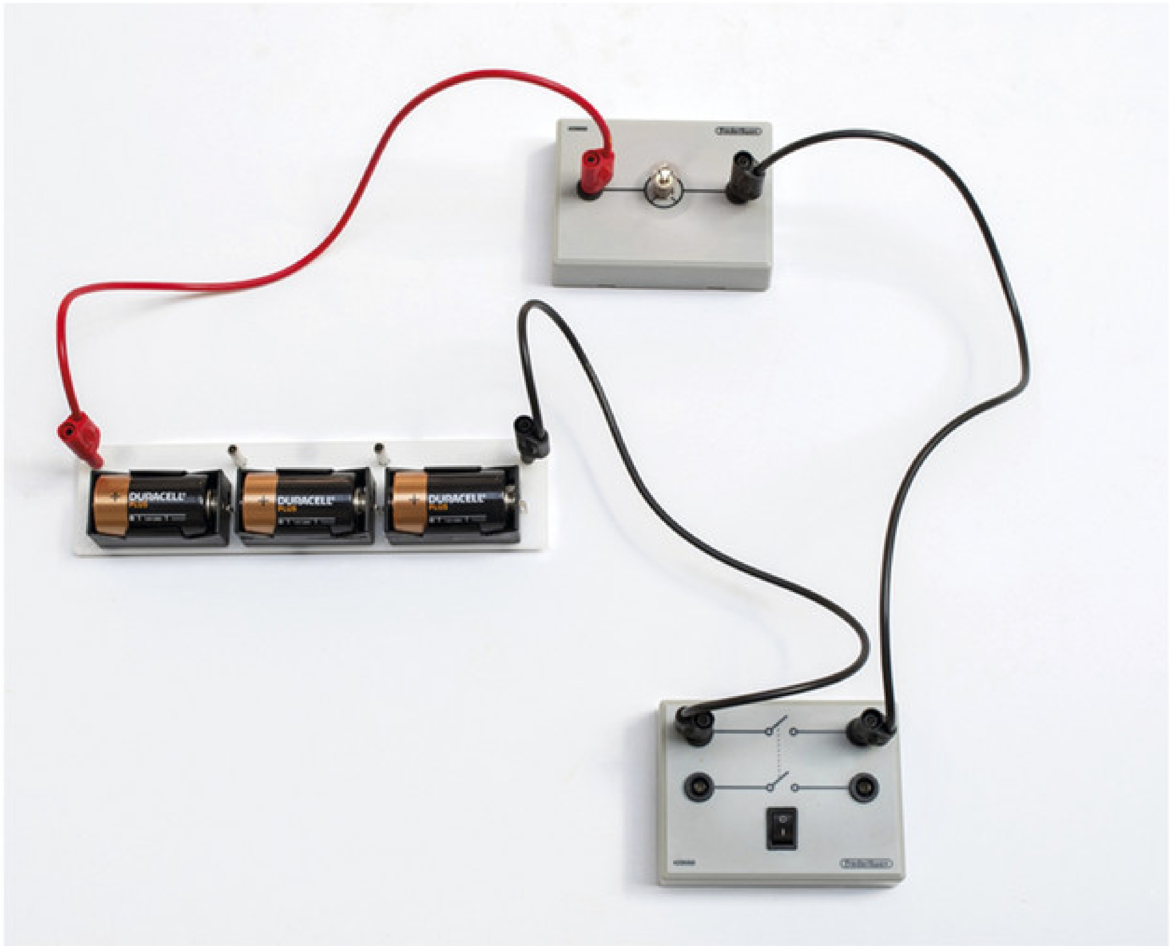


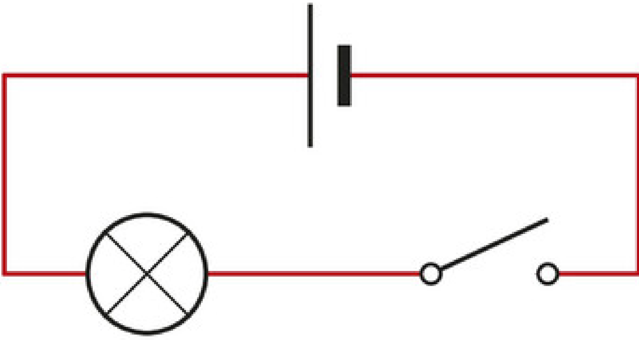
2 Begin met het snoer aan de pluskant.





3 Sluit het lampje aan de schakelaar.





4 Maak de schakeling af.

5 Veilig werken met stoffen

Houd je aan de volgende veiligheidsregels, als je met stoffen werkt.

Draag de juiste kleding
- Draag altijd een laboratoriumjas (labjas) en doe die dicht.
- Bind lange haren met een elastiekje of haarband naar achteren.
- Draag altijd een veiligheidsbril.

Bereid je goed voor
Zorg ervoor dat je de gevaren van de gebruikte stoffen kent. Je kunt die informatie halen:
- uit de instructie van je docent;
- uit de proefbeschrijving in je boek;
- uit de veiligheidskaarten bij de stoffen;
- uit de pictogrammen en tekst op de etiketten die op de voorraadpotten staan.

Leer welke pictogrammen (veiligheidssymbolen) je kunt tegenkomen en wat ze betekenen.

Werk netjes
- Gebruik een spatel om stoffen uit een voorraadpot te halen.
- Houd de reageerbuis zo dicht mogelijk bij de voorraadpot.
- Neem niet meer stof dan je voor de proef nodig hebt.
- Houd de spatel horizontaal bij het scheppen en overbrengen naar de reageerbuis.
- Blijf met een volle spatel boven de voorraadpot of de reageerbuis.
- Zorg ervoor dat vloeistoffen niet gaan spatten.

Voorkom besmetting met chemicaliën
- Ruim gemorst materiaal meteen op.
- Eet en drink nooit tijdens het practicum.
- Houd boeken en tassen uit de buurt van chemicaliën.
- Maak alle materialen na afloop schoon en ruim ze netjes op.
- Was na afloop van het practicum altijd je handen.

Gebruik veiligheidsmiddelen als dat nodig is
- Onthoud waar je de volgende veiligheidsmiddelen kunt vinden:
  - labjas
  - veiligheidsbril
  - blusmiddelen
  - (oog)douche
  - branddeken
- Gebruik de veiligheidsmiddelen als dat nodig is (figuur 7). Houd je daarbij aan de instructie die je krijgt van je docent.



figuur 7 Zo gebruik je een oogdouche.

De stoffen waarmee je tijdens practica werkt, zijn soms schadelijk voor het milieu. Ze mogen niet in het milieu (lucht, water, bodem) terechtkomen. Bij veilig werken hoort daarom ook:

Werk met kleine hoeveelheden
Hoe minder stof je neemt voor een proef, hoe minder van die stof in het milieu terecht kan komen. Neem dus niet meer van een stof dan in de instructie wordt aangegeven.

Houd je aan de aanwijzingen
Je docent en/of de TOA zal je vertellen:
- hoe je de verschillende stoffen moet ophalen;
- wat je moet doen als je per ongeluk iets morst;
- wat je moet doen met de stoffen die overblijven.

Houd je aan die aanwijzingen. Dan werk je veilig en milieubewust.

Lever de stoffen die overblijven gescheiden in
Stoffen die je niet hebt gebruikt, kun je weer inleveren bij je docent of TOA (figuur 8). Afvalstoffen lever je ook gescheiden in. Veel scholen hebben aparte afvalbakken voor:
- zware metalen (ZM);
- overige anorganische stoffen (OAS);
- halogeenhoudende organische stoffen (HOS);
- overige organische stoffen (OOS).



figuur 8 Zo kun je een vloeistof na een proef weer inleveren.

Soms mag je afval in de gootsteen gieten of in de prullenbak gooien. Doe dat alleen als je docent of TOA duidelijk heeft gezegd dat dit verantwoord is.

6 Werken met formules

Bij het vak natuur- en scheikunde maak je af en toe berekeningen. Dit is een goede aanpak:

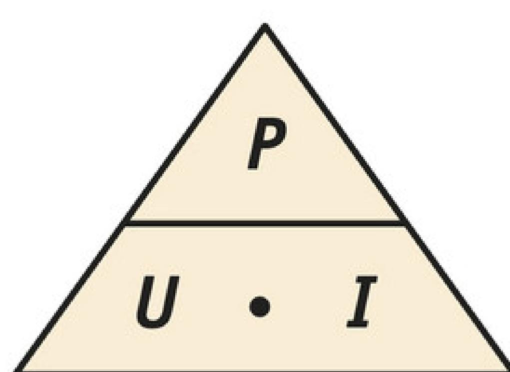
Stap 1 **Lees de opgave.**
Lees de opgave en schat in welke buurt de uitkomst zal liggen. Stel dat je moet uitrekenen hoe groot de massa van een leerling is. Dan weet je wel dat de uitkomst ergens moet uitkomen tussen 40 en 80 kg.

Stap 2 **Noteer de gegevens.**
Schrijf de grootheid op en schrijf de waarde erachter. Vergeet de eenheid niet. Soms is het handig een eenheid alvast om te rekenen.

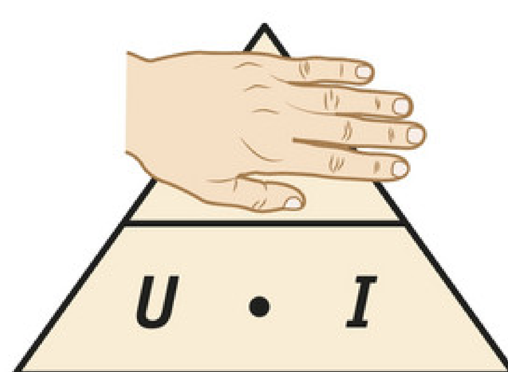
Stap 3 **Noteer wat wordt gevraagd.**
Schrijf de gevraagde grootheid op en schrijf er een vraagteken achter.

Stap 4 **Noteer de uitwerking.**
Schrijf de formule op. Sommige formules kun je op verschillende manieren opschrijven. Het trucje in figuur 9 kan je daarbij helpen. Neem de vorm waarin de gevraagde grootheid voor het =-teken staat.

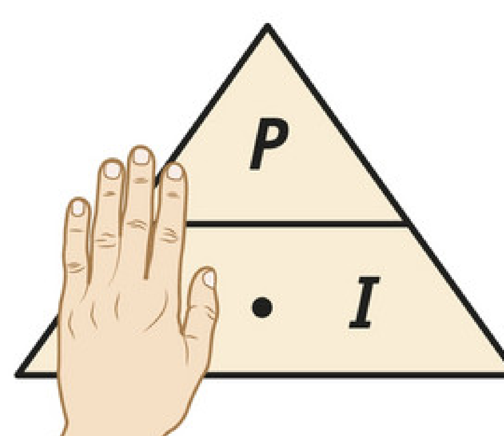
figuur 9 Een formule omwerken.



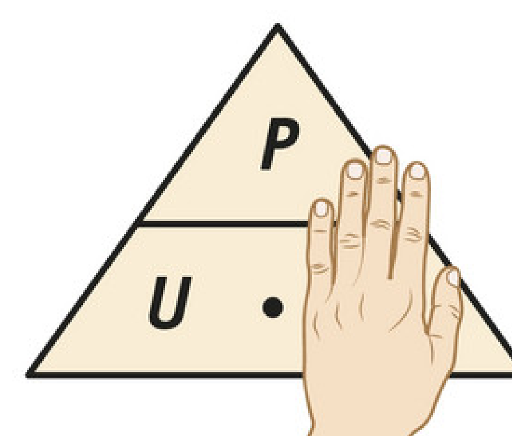
Zo vind je de drie vormen van deze formule.



De eerste vorm: $P = U \cdot I$



De tweede vorm: $U = \frac{P}{I}$



en de derde vorm: $I = \frac{P}{U}$

Stap 5 **Vul de gegevens in.**
Let erop dat je de juiste eenheden opschrijft.

Stap 6 **Werk de berekening uit.**

Stap 7 **Noteer de uitkomst.**
De uitkomst is een getal + een eenheid. Schrijf in je uitkomst ook op welke grootheid je hebt uitgerekend. Schrijf dus niet alleen maar: 1,5 W, maar P = 1,5 W of:
Het vermogen = 1,5 W.

Stap 8 **Controleer de uitkomst.**
Vergelijk de uitkomst met de schatting die je in het begin maakte. Ga ook na of je geen reken- of overschrijffouten hebt gemaakt en of je de juiste eenheid achter het getal hebt gezet.

De volledige notatie van de aanpak van de rekenopdracht zie je in de voorbeeldopdracht.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Petra heeft een proef gedaan om het vermogen van een fietslampje te bepalen. In haar proefverslag staat dat de stroomsterkte 250 mA was bij een spanning van 6,0 V. Bereken het vermogen van het lampje.		stap 1
gegevens	U = 6,0 V	stap 2
	I = 250 mA = 0,25 A	
gevraagd	P = ?	stap 3
uitwerking	$P = U \cdot I$	stap 4
	P = 6,0 V × 0,25 A = 1,5 W	stappen 5 en 6
Het vermogen van het lampje is dus 1,5 W.		stappen 7 en 8

7 Werken met grootheden en eenheden

Een grootheid is iets wat je kunt meten met een geschikt meetinstrument. Voorbeelden van grootheden zijn lengte (afstand), massa en kracht. Meer grootheden zie je in tabel 1.

Om een grootheid te kunnen meten, heb je een afgesproken maat nodig. Zo'n afgesproken maat noem je een eenheid. Je meet lengte in meter, massa in kilogram en kracht in newton. Meter is de eenheid van lengte, kilogram de eenheid van massa en newton de eenheid van kracht. Elke grootheid heeft een officiële internationale SI-eenheid (SI staat voor *Système International*: het in 1960 ingevoerde internationale systeem van eenheden).

Voor het meten van je lengte is de meter heel geschikt (figuur 10). Maar voor de lengte van de spoorlijn van Amsterdam naar Rotterdam kun je beter een grotere eenheid gebruiken: de kilometer. Tijd meet je vaak in uren en niet in seconden. En voor temperatuur gebruik je meestal graad Celsius in plaats van kelvin. Het ligt dus aan de situatie welke eenheid wordt gebruikt.

In tabel 1 vind je een overzicht van alle grootheden en hun eenheden die in dit boek voorkomen. In de derde en vierde kolom staan de SI-eenheden. Andere veelgebruikte eenheden staan in de laatste twee kolommen.



figuur 10 Als je meet, vergelijk je een grootheid (de lengte) met een eenheid (de meter).

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	afkorting	SI-eenheid	afkorting	alternatieve eenheid	afkorting
dichtheid	*ρ*	kilogram per kubieke meter	kg/m^3	gram per kubieke centimeter	g/cm^3
energie	*E*	joule	J	kilowattuur	kWh
kracht	*F*	newton	N	kilonewton	kN
lengte, afstand	*l*	meter	m	centimeter	cm
luchtdruk	*p*	pascal	Pa	millibar	mbar
massa	*m*	kilogram	kg	gram	g
spanning	*U*	volt	V	kilovolt	kV
stroomsterkte	*I*	ampère	A	milliampère	mA
temperatuur	*T*	kelvin	K	graad Celsius	°C
tijd	*t*	seconde	s	uur	h
vermogen	*P*	watt	W	kilowatt	kW

8 Werken met voorvoegsels

Bij het vak natuur- en scheikunde krijg je soms te maken met getallen die erg groot of juist erg klein zijn (figuur 11). Er is een handige manier bedacht om dit soort getallen korter op te schrijven. In plaats van: 'De spanning op deze hoogspanningsleiding is 380 000 V.' kun je ook schrijven: 'De spanning op deze hoogspanningsleiding is 380 kV.'



figuur 11 Hoe groot is de spanning op deze hoogspanningsleiding?

Het voorvoegsel k (kilo) betekent hetzelfde als 1000 (duizend): 1 kilometer = 1000 meter, 1 kilogram = 1000 gram en 1 kilowatt = 1000 watt.

Over het gebruik van dit soort voorvoegsels zijn afspraken gemaakt die gelden voor de hele wereld. In deze afspraken staat:

- welke voorvoegsels je mag gebruiken;
- wat die voorvoegsels betekenen;
- hoe je die voorvoegsels afkort.

In tabel 2 zie je de meest gebruikte voorvoegsels, met bij elk voorvoegsel een voorbeeld.

tabel 2 Voorvoegsels en hun betekenis.

voorvoegsel	afkorting	betekenis	voorbeeld
mega	M	1 000 000	1 MW = 1 000 000 W
kilo	k	1000	1 kV = 1000 V
hecto	h	100	1 hPa = 100 Pa
deci	d	0,1	1 dL = 0,1 L
centi	c	0,01	1 cm = 0,01 m
milli	m	0,001	1 mA = 0,001 A
micro	µ	0,000 001	1 µg = 0,000 001 g

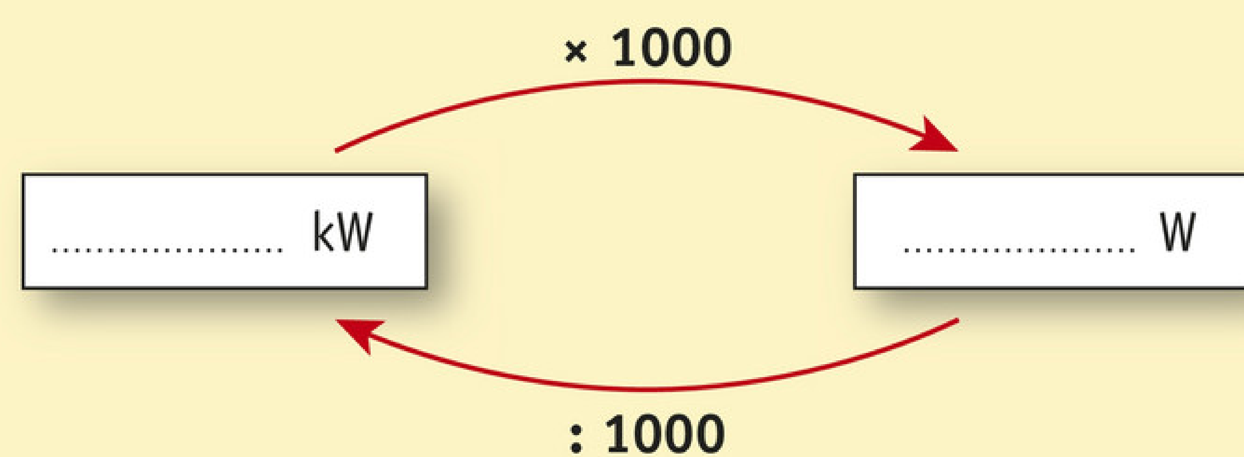
Soms moet je gegevens omrekenen van de ene eenheid naar de andere. In het voorbeeld hierna zie je hoe je dat kunt aanpakken.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Op een lamp staat dat hij een vermogen van 17 W heeft.
Hoeveel kW is dat?

Om te beginnen bedenk je dat 1 kW = 1000 W. Met andere woorden:

- Ga je van kW naar W, dan moet je vermenigvuldigen met 1000 (figuur 12).
- Ga je van W naar kW, dan moet je delen door 1000.



figuur 12 Omrekenen van kilowatt naar watt en omgekeerd.

De lamp heeft dus een vermogen van $\frac{17}{1000}$ = 0,017 kW.

9 Rekenen met verhoudingen

Sommige problemen kun je oplossen door een verhoudingstabel te maken. Zo'n tabel kan bijvoorbeeld handig zijn als je een kracht moet tekenen op een bepaalde schaal.

Stel dat je een kracht van 183 N moet tekenen met als schaal 1 cm ≙ 25 N. Je kunt de lengte van de pijl als volgt berekenen.

- Noteer de gegevens in een verhoudingstabel. Tussen 25 N en 183 N noteer je 1 N als tussenstap:

kracht (N)	25	1	183
lengte (cm)	1	....	....

- Je ziet:
  - Eerst moet je delen door 25.
  - Daarna moet je vermenigvuldigen met 183.

- Je vult de verhoudingstabel dan zo in:

kracht (N)	25	1	183
lengte (cm)	1	0,04	7,32

: 25 × 183

: 25 × 183

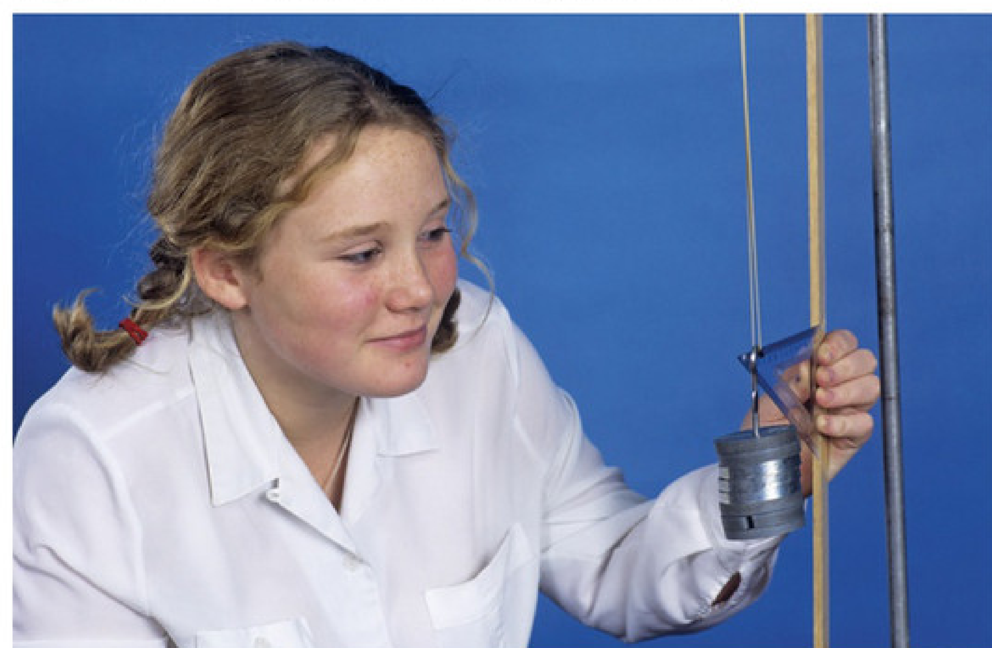
10 Werken met tabellen en grafieken

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Over een stuk elastiek kun je bijvoorbeeld vragen:
Hoe hangt de uitrekking van een stuk elastiek af van de kracht die op het elastiek wordt uitgeoefend?
Je wilt dus het verband meten tussen de uitrekking en de kracht.

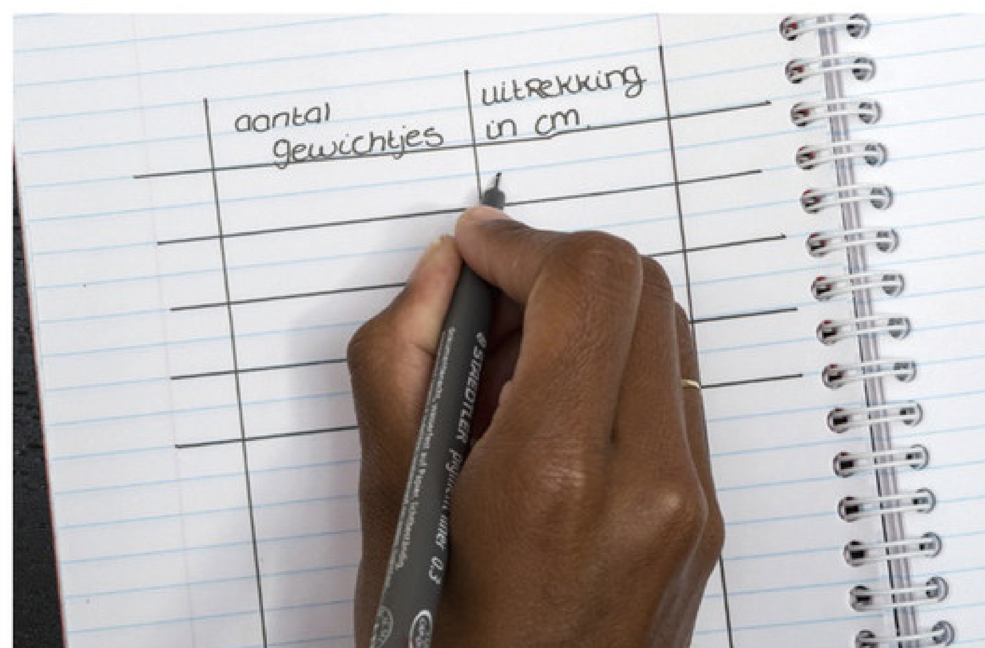
Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je hang het elastiek aan een statief en bevestigt onder aan het elastiek een gewichtendrager (figuur 13a). Je zet een voor een gewichtjes op de gewichtendrager, en bepaalt bij elk nieuw gewichtje opnieuw de uitrekking. In een tabel noteer je de meetresultaten: links het gewicht, rechts de uitrekking (figuur 13b).

Verbanden worden duidelijker als je ze weergeeft in een grafiek (figuur 13c).

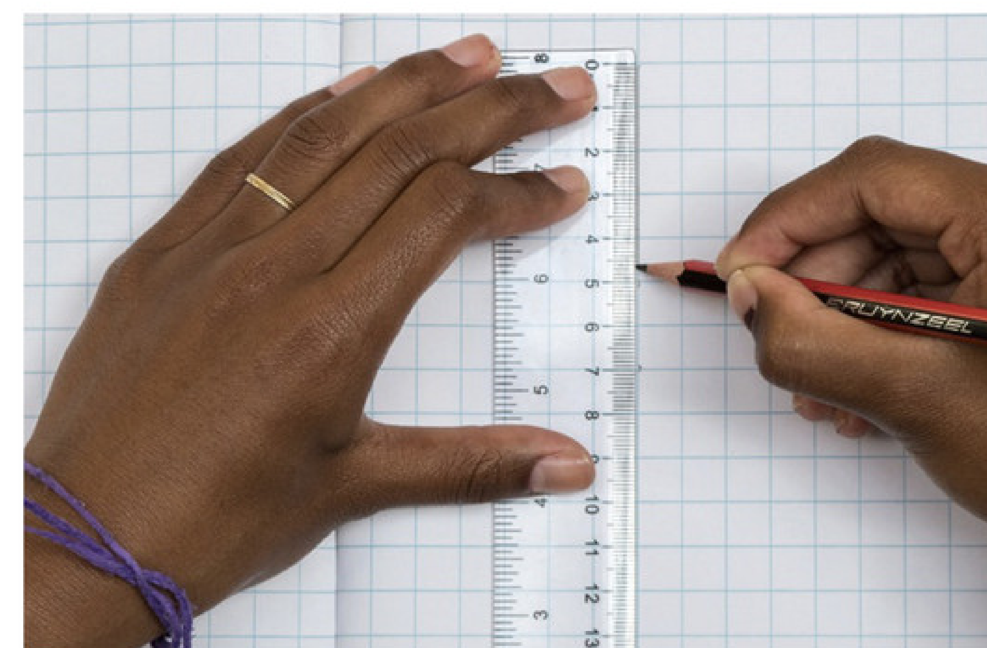
figuur 13 Tabellen en grafieken.



a meten



b noteren



c tekenen

Zo'n grafiek maak je als volgt:

- Werk alles uit met potlood. Anders kun je later niets meer verbeteren.
- Teken een assenstelsel. In het boek is dat meestal al voor je gedaan.
- Zet bij elke as een grootheid, met de eenheid waarin je hebt gemeten. Bijvoorbeeld: → gewicht (N) en → uitrekking (cm).
- Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling. Zorg ervoor dat al je metingen in de grafiek passen en dat je grafiek niet te klein wordt. Gebruik minstens twee derde deel van de beschikbare ruimte op de as.
- Teken de meetresultaten in als punten. Besef dat er altijd kleine meetfouten in je meetresultaten zitten. Je mag er niet van uitgaan dat elk punt exact juist is.
- Trek een rechte lijn als de meetpunten zo ongeveer op een rechte lijn liggen. Laat die lijn zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Maar let op: je mag de punten niet een voor een met rechte lijntjes met elkaar verbinden, zodat je een onregelmatig heen en weer gaande zigzaglijn krijgt.
- Teken een vloeiende kromme als de punten duidelijk niet op één rechte lijn liggen. Laat de kromme zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Net als bij een rechte lijn mag je de punten niet een voor een met elkaar verbinden.

Het geeft dus niet dat een rechte lijn of een kromme niet precies door alle meetpunten loopt. Het is normaal dat meetpunten niet 100% nauwkeurig zijn. Daarom moet je bij het tekenen van de grafiek ook niet doen alsof.

11 Verbanden meten

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er met de uitrekking als je een grotere kracht uitoefent?

Bij deze vraag gaat het om het verband tussen de uitrekking en de kracht.
Hoe meet je zo'n verband?

- Maak eerst een tabel waarin je de meetresultaten kunt noteren: links de kracht, rechts de uitrekking.

- Maak de kracht stapsgewijs groter en lees af: welke uitrekking hoort bij deze kracht? Noteer de meetwaarden in de tabel.

- Voer alle metingen minstens twee keer uit om aflees- en opschrijffouten te kunnen verbeteren.

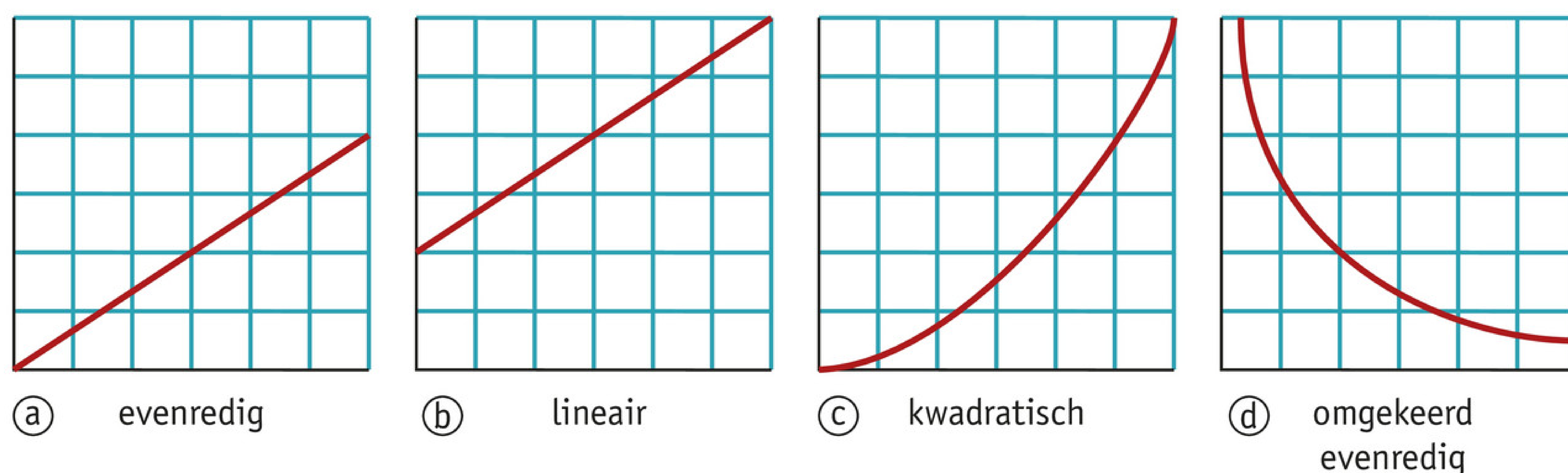
- Verwerk je metingen tot een grafiek. In vaardigheid 10 *Werken met tabellen en grafieken* kun je lezen hoe dat moet. Zet de kracht langs de horizontale as en de uitrekking langs de verticale as.

- Vergelijk de grafiek die je hebt getekend met figuur 14. Daarin zie je hoe een grafiek eruitziet:
  a als het verband evenredig is;
  b als het verband lineair is;
  c als het verband kwadratisch is;
  d als het verband omgekeerd evenredig is.

Als de grafiek een rechte lijn is, is het verband tussen de twee grootheden lineair. Gaat de grafiek ook door de oorsprong, dan is het verband evenredig. Als je met een spiraalveer hebt gewerkt, vind je een evenredig verband.

Het meten van verbanden tussen andere grootheden kun je op dezelfde manier aanpakken.

figuur 14 Verschillende verbanden in een grafiek.



12 Een onderzoeksverslag maken

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is uitgevoerd. Iemand die er niet bij is geweest, moet precies kunnen begrijpen wat er is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een gewone practicumproef.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop vermeld je de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in je onderzoeksgroep, de naam van je docent, de datum en het jaar.

§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden en welk antwoord je van tevoren dacht te vinden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan.

§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van teksten, tabellen, foto's en dergelijke.

§ 4 Uitwerking
Hierin maak je grafieken van je meetwaarden en voer je berekeningen uit die je nodig hebt om je onderzoeksvraag te beantwoorden.

§ 5 Conclusies
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag. Ook schrijf je op wat er beter had gekund.

Een verslag hoort er goed en verzorgd uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren. Een aantal aanwijzingen:
- Maak je verslag op de computer.
- Gebruik papier op A4-formaat.
- Zorg dat er ruime marges (witte ruimtes) overblijven: onder en boven, links en rechts.
- Kies een goed leesbaar lettertype, met een goede lettergrootte.
- Zet een vet kopje boven elke paragraaf.
- Zorg voor nette tekeningen, tabellen en grafieken. Zet er een nummer bij, zodat je ernaar kunt verwijzen.

Register

V

W

Z

Colofon

ONTWERP BINNENWERK
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG
Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

AUTEURS
S. Michon
F. Kappers
C. Schatorjé

TECHNISCH TEKENWERK
Erik Eshuis Infographics, Groningen,
Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam

BEELDRESEARCH
B en U International Picture Service, Amsterdam

BEELDVERANTWOORDING
123RF/Ben Schonewille: Pag. 76; 123RF/fedorkondratenko: Pag. Pag. 182/183; 123RF/Robert van 't Hoenderdaal: Pag. 108 (b.); 123RF/Tyler Olson: Pag. Pag. 124/125; ABB: Pag. 47 (b.); Alamy/Imageselect/Phovoir: Pag. 158 (l.); Depositphotos/erikdegraaf: Pag. 150 (o.); Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 8 (b.), 8 (o.), 10, 11 (b.), 11 (r.o.), 12 (l.b.), 12 (r.b.), 12 (l.o.), 12 (r.o.), 13, 14 (l.b.), 14 (r.b.), 15 (r.), 17 (b.), 18 (b.), 18 (o.), 19, 20 (m.), 20 (o.), 21, 22, 23 (b.), 23 (o.), 24, 25 (l.), 25 (r.), 28, 29 (l.), 29 (m.), 29 (r.), 30 (o.), 31 (b.), 31 (o.), 32, 35 (b.), 36 (o.), 39, 40, 46 (b.), 47 (o.), 48 (b.), 49 (l.), 49 (r.), 50, 51, 52, 56, 57, 59, 61, 63 (l.), 63 (m.), 63 (r.), 65, 75, 78, 84, 85 (o.), 86 (o.), 88, 89 (r.o.), 91, 92, 94, 95 (b.), 96, 97, 100 (o.), 101 (b.), 101 (o.), 103 (b.), 103 (o.), 105 (l.o.), 105 (r.o.), 107 (b.), 112, 114, 115, 116, 127, 130 (b.), 133 (l.o.), 133 (r.o.), 135 (r.), 137, 140 (b.), 141, 142 (l.), 142 (m.), 142 (r.), 144 (b.), 148 (l.), 149, 152 (l.), 152 (m.), 152 (r.), 153 (o.), 156, 159 (m.), 162 (b.), 162 (o.), 164 (b.), 164 (o.), 167 (b.), 169, 170, 171, 174, 176, 184, 188 (b.), 188 (o.), 191, 197, 198 (b.), 199 (l.), 199 (r.), 202, 203, 204 (b.), 205, 206, 207 (b.), 207 (o.), 209 (o.), 212, 213 (b.), 213 (o.), 214 (b.), 215, 220 (b.), 221 (o.), 225, 231, 323, 234, 246, 247 (o.), 249, 253, 257, 258 (b.), 258 (o.), 260; ESA/CNES/Arianespace: Pag. 229; Hollandse Hoogte/ANP Foto/Erik van 't Woud: Pag. 219; Hollandse Hoogte/ANP Foto/Rob Engelaar: Pag. 34 (r.); Hollandse Hoogte/ANP Foto/Science Photo Library: Pag. 194; Imageselect/Image Source: Pag. 209 (b.); iStockphoto/FatCamera: Pag. 128 (l.), 255; iStockphoto/Henk van Dijk: Pag. 256; iStockphoto: Pag. 166 (r.); Kim Bosch, Den Haag: Pag. 144 (o.), 145 (b.), 145 (o.), 153 (b.); Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam/ill: Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 250; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 11 (l.o.), 15 (l.), 16 (l.), 16 (m.), 16 (r.), 17 (o.), 20 (b.), 33, 37, 43, 48 (o.), 130 (o.), 157, 158 (r.), 186, 189 (o.), 248, 251, 252, 259 (m.), 259 (r.); ESA/CNES/Arianespace: Pag. 229; Hollandse Hoogte/ANP Foto/Erik van 't Woud: Pag. 219; Hollandse Hoogte/ANP Foto/Rob Engelaar: Pag. 34 (r.); Hollandse Hoogte/ANP Foto/Science Photo Library: Pag. 194; Imageselect/Image Source: Pag. 209 (b.); iStockphoto/FatCamera: Pag. 128 (l.), 255; iStockphoto/Henk van Dijk: Pag. 256; iStockphoto: Pag. 166 (r.); Kim Bosch, Den Haag: Pag. 144 (o.), 145 (b.), 145 (o.), 153 (b.); Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam/ill: Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 250; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 11 (l.o.), 15 (l.), 16 (l.), 16 (m.), 16 (r.), 17 (o.), 20 (b.), 33, 37, 43, 48 (o.), 130 (o.), 157, 158 (r.), 186, 189 (o.), 248, 251, 252, 259 (m.), 259 (r.); NASA: Pag. 138; Publiek domein: Pag. 208; Science Photo Library/ANP Foto/Andrew Lambert Photography: Pag. 259 (l.); Science Photo Library/ANP Foto/Charles D. Winters: Pag. 198 (o.); Science Photo Library/ANP Foto/Turtle Rock Scientific: Pag. 187 (b.); Shutterstock/Aleksandr Trubitsyn: Pag. 72; Shutterstock/Alexander Raths: Pag. 87; Shutterstock/ALPA PROD: Pag. 165 (b.); Shutterstock/AnastassiaVassiljeva: Pag. 82; Shutterstock/B Cas: Pag. 218; Shutterstock/Barry Blackburn: Pag. 100 (l.b.); Shutterstock/biDaala_studio: Pag. 100 (r.b.); Shutterstock/Billion Photos: Pag. 247 (l.b.), 247 (r.b.); Shutterstock/bszef: Pag. 189 (b.); Shutterstock/cjhobo: Pag. 34 (l.); Shutterstock/Dafinchi: Pag. 45, 95 (o.); Shutterstock/Dejan Dundjerski: Pag. 217; Shutterstock/Dmitriy Kochergin: Pag. 98; Shutterstock/Drop of Light: Pag. 77 (b.); Shutterstock/Dusan Petkovic: Pag. 196; Shutterstock/Frans Blok: Pag. 85 (b.); Shutterstock/Gorgev: Pag. 226 (b.); Shutterstock/Ian Dyball: Pag. 210; Shutterstock/IoanaB: Pag. 220 (o.); Shutterstock/Jeff Hinds: Pag. 132 (m.); Shutterstock/Kagan Kaya: Pag. Pag. 6/7; Shutterstock/Krakenimages.com: Pag. 132 (l.); Shutterstock/Kristof Kovacs: Pag. 89 (l.o.); Shutterstock/Lopolo: Pag. 193; Shutterstock/makuromi: Pag. 100 (m.b.); Shutterstock/Marcus_Hofmann: Pag. 46 (o.); Shutterstock/Matt Ivanov: Pag. 77 (l.o.), 77 (r.o.); Shutterstock/Menno van der Haven: Pag. 108 (o.); Shutterstock/Min C. Chiu: Pag. 90; Shutterstock/mon_ter: Pag. 226 (o.); Shutterstock/Monthira: Pag. 126; Shutterstock/mujijoa79: Pag. 109; Shutterstock/Olha Rohulya: Pag. Pag. 70/71; Shutterstock/OrangeVector:

Pag. 44; Shutterstock/Paceman: Pag. 222 (o.); Shutterstock/Pavel1964: Pag. 128 (r.); Shutterstock/PHILIPPE MONTIGNY: Pag. 187 (o.); Shutterstock/Photographee.eu: Pag. 86 (b.); Shutterstock/Pixel-Shot: Pag. 30 (b.); Shutterstock/Ratchat: Pag. 222 (b.); Shutterstock/Regreto: Pag. 221 (b.); Shutterstock/sirtravelalot: Pag. Pag. 244; Shutterstock/smereka: Pag. 214 (o.); Shutterstock/Sokolova V: Pag. 107 (o.); Shutterstock/Vaclav Volrab: Pag. 74; Shutterstock/wavebreakmedia: Pag. 54; Shutterstock: Pag. 132 (r.), 166 (l.); Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam: Pag. 9 (l.b.), 9 (r.b.), 129 (o.), 133 (b.), 134, 135 (l.), 136, 140 (o.), 147, 148 (r.), 150 (b.), 154, 159 (l.b.), 159 (r.b.), 159 (o.), 160, 163, 165 (o.), 167 (o.), 168 (l.), 168 (r.), 204 (o.); Tombow Pen & Pencil/www.tomboweurope.com: Pag. 129 (b.);

OMSLAG

Alexandre Eggermont/Getty Images

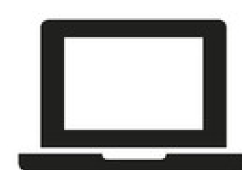
Release 2021, eerste oplage

MALMBERG

MAX


Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.


Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.


Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

AUTEURS

S. Michon

F. Kappers

C. Schatorjé

596776

MALMBERG